



# ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 6 (36) 2013

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ  
СОЮЗОМ



ОАО «ГАЗПРОМ ГАЗЭНЕРГОСЕТЬ» – оператор по реализации сжиженных углеводородных газов (СУГ) производства заводов группы «Газпром» на российском рынке. Компания владеет крупнейшей в стране сетью автомобильных газозаправочных станций (АГЗС), расположенных в 17 регионах, и активно развивает реализацию сжиженного газа в качестве моторного топлива.

**ПРОПАН**



Реклама

**Кислородные датчики нового поколения**

**Использование биогаза для производства электроэнергии**

**Газомоторная карта России**

# С Новым годом!

*Уважаемые коллеги и друзья!*

Использование природного газа для транспорта, мировой рынок которого начал реально формироваться с начала XXI века, стремительно развивается. Глобальный парк автомобилей вырос с одного миллиона машин в 1999 году до почти 18 миллионов в 2013 году. Динамика показателей мирового газомоторного рынка за последние 10 лет заметно изменилась: численность газовых автомобилей увеличилась в 7,5 раза, спрос на автомобильный метан вырос в 3,5 раза, газозаправочная инфраструктура расширилась почти в три раза.

Россия имеет все предпосылки для успешного развития использования природного газа в качестве моторного топлива, являясь одним из глобальных лидеров по добыче газа и контролируя около 20 % мировых запасов этого ресурса.

В пользу расширения рынка ГМТ говорят значительные преимущества, позволяющие экономически обоснованно улучшать экологическую ситуацию в регионах. Успешное развитие отрасли ГМТ в России требует мер государственной поддержки, а также активных действий заинтересованных компаний.

Уходящий 2013 год стал определяющим для этой индустрии. Президент РФ В.В. Путин на совещании о перспективах использования газомоторного топлива объявил, что Россия должна войти в число лидеров по использованию газомоторного топлива.

Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива от 14 мая 2013 г. и Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 767-Р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива» дали новый импульс важному и перспективному для экономики страны направлению.

Коллектив Национальной газомоторной ассоциации и редакции журнала поздравляет всех с праздником и желает, чтобы наступающий 2014 год стал для всех нас годом дальнейшего развития мирового и российского газомоторного рынка!

Желаем вам здоровья, счастья, любви и благополучия!

*Исполнительный директор  
Национальной газомоторной  
ассоциации  
С.В. Люгай*



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.

**Р.З. Кавтарадзе**

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

**Т.В. Климова**

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

**С.И. Козлов**

профессор, д.т.н.

**С.В. Люгай**

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

**В.А. Марков**

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

**А.В. Николаенко**

ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

**Ю.В. Панов**

профессор МАДИ, к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**

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

**Е.Н. Пронин**

член совета НГА

**В.Л. Стативко**

вице-президент НГА, к.т.н.

**В.Н. Фатеев**

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

**Редактор**

**О.А. Ершова**

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Тел. 8 965 439-80-23

**Отдел подписки и рекламы**

**М.И. Амурская**

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

**Компьютерная верстка**

**Ф.А. Игнащенко**

**Адрес редакции:**

142717, Московская обл., Ленинский р-н,

п. Развилка, а/я 253

Тел. 8 965 439-80-23 • www.ngvrus.ru

Отпечатано с готовых диалозитивов в ООО «Принт-Лидер»,

117186, Москва, ул. Нагорная, д. 15, корп. 8

Номер заказа

Сдано на верстку 25.10.2013 г.

Подписано в печать 25.11.2013 г.

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

Печать офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал

«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,

опубликованной в рекламных материалах.

**На обложке: реклама**

**ОАО «Газпром газэнергосеть»**

**В НОМЕРЕ:**

Научное направление «Использование газа на транспорте» во ВНИИГАЗе: экскурс. 65 лет ВНИИГАЗу .....	3
Все только начинается. 10-летие Управления «Уралавтогаз» .....	6
Газомоторный рынок России – метановый вектор .....	8
<b>С.В. Коробцев, М.Ф. Кротов, В.Н. Фатеев, С.И. Козлов, С.В. Люгай</b> Производство водорода из органического сырья .....	10
<b>В.И. Ерохов</b> Особенности кислородного датчика системы управления транспортных двигателей .....	17
<b>А.А. Хазиев</b> Требования к автомобильному бензину и его влияние на отказы современных двигателей .....	27
<b>Е.Н. Пронин</b> Автопробег «Голубой коридор – 2013: Ганза» .....	33
Еврокомиссия развивает успех автопробега .....	39
<b>С.П. Горбачев, К.И. Кириенко</b> Современные криогенные бортовые топливные системы для автотранспорта и технологии их заправки .....	41
<b>В.А. Марков, С.Н. Девянин, С.П. Шимченко</b> Использование биогаза для получения электроэнергии в агропромышленных комплексах .....	45
<b>А.М. Шендрик, М.И. Фык</b> Контейнерная транспортировка газа, как альтернативный способ решения вопросов энергетической безопасности .....	51
<b>Е.П. Фоменко, А.И. Тылчак</b> Моторный газ покоряет Кавказ! .....	60
Газозаправка транспорта .....	62
Выставка GasSUF снова подтвердила свой высокий уровень .....	63
Конференция «СУГ 2013» показала назревшие проблемы .....	65
<b>М.А. Цуладзе</b> 20-я юбилейная Московская международная выставка «Автокомплекс-2013» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг) .....	69
<b>Е.Н. Пронин</b> Газомоторная карта России .....	72
Члены Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация», 2013 г. ....	76
Abstracts of articles .....	78
Авторы статей в журнале № 6 (36) 2013 г. ....	79



**'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 6 (36) 2013**

Registered with the Federal Service for Supervision in Mass Communications and Cultural Heritage Protection

Printed Matter Registration Certificate No. FS77-30114

**Founder and Publisher**

Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle Association (NGVRUS)

**Published**

6 issues a year

**Editor-in-Chief**

**Tsybulsky, P.G.**

Director General of Gazprom VNIIGAZ, PHD

**Editorial board members**

**Budzulyak, B.V.**

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

**Erokhov, V.I.**

MAMI Professor, Doctor of Engineering

**Kavtaradze, R.Z.**

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

**Klimova, T.V.**

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

**Kozlov, S.I.**

Professor, Doctor of Engineering

**Lyugai, S.V.,**

PhD, Director of the Centre «Gas Use»,

JSC «Gazprom VNIIGAZ»,

executive director, NGVRUS

**Markov, V.A.**

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

Doctor of Engineering

**Nikolaenko, A.V.**

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

**Panov, Yu.V.**

Professor of MADI (GTU), Candidate of Science

**Prakhaltsev, N.N.**

Professor of People's Friendship University of Russia,

Doctor of Engineering

**Pronin, E.N.**

member of the Council, NGVRUS

**Stativko, V.L.**

vice-president, NGVRUS, Candidate of Science

**Fateev, V.N.**

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute,

Doctor of Chemistry

**Editor**

**Ershova, O.A.**

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

**Subscription and Distribution Department**

**Amurskaya, M.I.**

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

**Editorial office address:**

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

Moskovskaya obl, 142717

Phone: 8 965 439-80-23 • www.ngvrus.ru

**Order number**

Passed for press on 25.10.2013

Endorsed to be printed on 25.11.2013

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

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

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

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

## CONTENTS

Methane vector of Russian NGV market.....	8
<b>Sergey Korobtsev, Michail Krotov, Vladimir Fateev, Sergey Kozlov, Stanislav Lyugay</b>	
Hydrogen Production from Organic Raw Materials.....	10
<b>Viktor Erokhov</b>	
Designing and Calculation of the Motor Vehicles	
Control System Oxygen Sensor.....	17
<b>Anvar Khaziev</b>	
Requirements to Motor Gasoline and its Impact	
on the Failures of Modern Engines .....	27
<b>Eugene Pronin</b>	
Rally Blue Corridor – 2013: Hansa.....	33
<b>Stanislav Gorbachev, Kristina Kirienko</b>	
Modern Onboard Cryogenic Fuel Systems	
for Motor Vehicles and Their Refueling Technologies.....	41
<b>Vladimir Markov, Sergey Devyanin, Sergey Shimchenko</b>	
Utilization Biogas Concept for Generating Electric Power	
in Agro Industrial Complexes.....	45
<b>Alexey Shendrik, Michail Fyk</b>	
Container Transportation of Natural Gas	
as an Alternative Way of Solving Problems of Energy Safety .....	51
<b>Eugene Pronin</b>	
NGV Map of Russia .....	72
Members of the Russian National Gas	
Vehicle Association (NGVRUS) .....	76
Abstracts of articles .....	78
Contributors to journal issue No. 6 (36) 2013.....	79



# Научное направление «Использование газа на транспорте» во ВНИИГАЗе: экскурс 65 лет ВНИИГАЗу

Т.В. Климова, начальник ССО и СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

(По материалам Музея истории газовой науки и технологий ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Научные исследования по применению газового моторного топлива в поршневых двигателях были начаты в лаборатории газовых двигателей Академии наук СССР в первый послевоенный год – 1946-й. Во второй половине 50-х годов, в соответствии с Постановлением Совмина Союза СССР от 02.08.1956 г. № 1038 и Приказом министра нефтяной промышленности от 09.08.1956 г. № 518, Лаборатория газовых компрессоров переместилась во ВНИИГАЗ из ВНИИ-нефти, и тогда научные исследования были продолжены с учетом потребностей и возможностей газовой промышленности.

Фактически именно во ВНИИГАЗе в этот период было положено начало созданию научной школы по исследованиям рабочих процессов поршневых газовых двигателей с различными способами воспламенения газозвушной смеси. Под руководством профессора К.И. Генкина учеными института совместно со специалистами завода им. Малышева были созданы две модификации газовых двигателей ГД-100 мощностью 850 и 1000 кВт. Эти двигатели стали

силовым агрегатом мотор-генераторов для электростанций, предназначенных для собственных нужд, газопроводов Бухара–Урал и Средняя Азия – Центр. Начиная с 1964 г. заводом им. Малышева было выпущено около 150 таких агрегатов, а коллектив авторов научно-технической разработки удостоен Государственной премии СССР.

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

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

Лабораторию поршневых газоперекачивающих агрегатов в период 1972–1996 гг. возглавлял профессор Ю.Н. Васильев. В начале 80-х годов по прямому поручению заместителя Председателя Совета Министров СССР Б.Е. Щербины специалисты ВНИИГАЗа разработали проект Постановления Совмина о переводе транспорта на газовое моторное топливо взамен нефтяных топлив. Причиной тому было заметное снижение добычи нефти в целом ряде регионов страны. Правительственным постановлением было запланировано перевести на газовое топливо 1 млн автомобилей: 500 тыс. – на пропан-бутан, еще столько же – на природный метан. Ученым института в течение пяти лет (до 1988 г.) фактически удалось спроектировать и всячески способствовать созданию



**К.И. Генкин** (род. 24.10.1911) – выпускник МАДИ 1938 года по специальности «инженер-механик», доктор технических наук, известный отечественный специалист в области двигателей внутреннего сгорания. Работал в лаборатории газовых двигателей АН СССР. С 1961 года – руководитель лаборатории газовых компрессоров и двигателей ВНИИГАЗа Главгаза СССР. Под его руководством и при

непосредственном участии во ВНИИГАЗе проведен ряд серьезных научно-исследовательских работ. Автор 105 печатных трудов, в том числе шести монографий, 15 изобретений, на часть из которых были получены иностранные патенты. Награжден Почетной грамотой и значком «Строителю газопровода Бухара–Урал» (1963 г.). Ученое звание – профессор по специальности «тепловые двигатели».

мощнейшей системы газовых заправок. В этот период более 120 тыс. грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ было переведено на газомоторные виды топлива и построено свыше 200 автогазозаправочных станций.

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

Ширилось сотрудничество института с целым рядом крупнейших производственных предприятий. Совместно с ПО «Коломенский тепловозостроительный завод им. В.В. Куйбышева» в отделе проводились научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию первого в мире тепловозного газодизеля 16ЧН26/26 мощностью 2250 кВт, а также газового двигателя 8ЧН26/26 мощностью 1000 кВт с искровым и форкамерно-факельным

зажиганием. Совместно с Первомайским машиностроительным заводом им. 25 Октября (Украина) был разработан и создан образец газового двигателя с форкамерно-факельным зажиганием и газодизель мощностью 320 кВт, рассчитанный на использование в качестве топлива биогаза и попутного нефтяного газа.

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

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

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

В начале 90-х годов в связи с расширением работ по газомоторному топливу на базе отдела газотранспортного оборудования ВНИИГАЗа были образованы новые подразделения – лаборатория АГНКС, лаборатория использования газомоторного топлива в сельском хозяйстве, лаборатория газобаллонного оборудования и индивидуальных компрессоров, лаборатория использования газового моторного топлива. Для каждой из них была намечена научная перспектива.

В 1994-1995 гг. учеными отдела газотранспортного оборудования совместно с АО «Дизельпром» (г. Чебоксары) была создана модель газового двигателя с форкамерно-факельным воспламенением мощностью 350 кВт. Газовый двигатель разрабатывался в двух модификациях: мотор-генератора на базе дизеля 8ЧН16,5/18,5 и двигателя для промышленного трактора 6ГЧН16,5/18,5.

В течение 12 лет по заданию ОАО «Газпром» институт вел целенаправленные разработки по созданию газовых модификаций базовых дизелей для автобусов и большегрузных автомобилей, тракторов и другой транспортной и энергетической техники, использующих в качестве топлива компримированный (КПГ) и сжиженный (СПГ) природный газ. Результатом этого научного поиска стала



**Ю.Н. Васильев** (род. 25.05.1926 г.) – выпускник Ленинградского высшего инженерного морского училища им. адмирала С.О. Макарова (ныне – ГМА им. адмирала С.О. Макарова) 1954 года по специальности «инженер-механик по двигателям». Доктор технических наук, профессор, крупнейший специалист в области энергетических установок и компрессорного оборудования, а также в области разработки теоретических и прикладных проблем создания двигателей, работающих на газовом топливе. Лауреат Премии Совета Министров СССР, Премии Правительства РФ в области науки и техники за разработку

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



Общий вид газового двигателя 11ГД100

разработка газовых модификаций двигателей типа Д6 и В2 с использованием серийных дизель-электрических агрегатов завода «Трансмаш» (г. Барнаул), а затем – выпуск опытных образцов газовых электростанций, размещенных в энерговагоне, мощностью 100 и 200 кВт. Двигатель 6ГЧ15/18 на базе Уральского турбомоторного завода (г. Екатеринбург) по предложению ВНИИГАЗа впервые в отечественной практике был использован в качестве привода газового компрессора для опытного образца АГНКС-75.

Для двигателей и энергоустановок учеными были разработаны теоретические основы применения газового топлива в высокофорсированных транспортных двигателях и определены принципы организации процессов топливоподачи в них, обеспечивающие получение запальной дозы дизельного топлива не более 12 % от номинальной подачи дизеля-прототипа. Созданы системы управления газодизельными двигателями, обеспечивающие ресурс работы двигателя больший, чем у дизеля-прототипа, и исключающие прогорание поршней и клапанов на всех эксплуатационных режимах работы. Выполнены работы по термометрированию поршней мощных

транспортных газовых и газодизельных двигателей, что впоследствии позволило определить реальное распределение температур по огневой поверхности поршня и в районе расположения поршневых колец.

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

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

с микропроцессорным управлением системами топливоподачи.

Учеными были созданы предпосылки для создания газовых двигателей с воспламенением газоздушной смеси от сжатия в цилиндре за счет использования разделенной подачи синтез-газа. Предусматривалось получение синтез-газа на борту транспортного средства из имеющегося газового топлива в специальном устройстве – генераторе синтез-газа.

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

На базе исследований характеристик сжиженного природного газа учеными предложены эффективные технологии получения СПГ на ГРС и АГНКС, а также заправки баков автомобилями СПГ и КПГ после сжатия в насосе до 20 МПа. Начаты работы по использованию СПГ в поршневых двигателях с наддувом для нужд сельского хозяйства, тепловозов, карьерных самосвалов, речных и морских судов. Тогда же научными лабораториями ВНИИГАЗа были разработаны нормативные документы и регламенты по безопасному применению СПГ на транспорте, а практические испытания по особенностям использования СПГ проводились непосредственно на стендах лаборатории газовых двигателей.

Одним из серьезных научных решений в начале XXI века стало создание системы управления топливоподачей газодизеля, испытанной на двигателе ЯМЗ-236НЕ. Газ в системе подавался в смеситель, установленный во впускном трубопроводе перед турбокомпрессором. В дизельном режиме система обеспечивала сохранение паспортных характеристик двигателя, в газодизельном – осуществляла всережимное регулирование частоты вращения и обеспечивала улучшение экологических показателей при сохранении мощностных характеристик базового двигателя.

# Все только начинается

## 10-летие Управления «Уралавтогаз»

В конце июля 2003 г. в соответствии с решением ОАО «Газпром» в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» появилось новое подразделение – Управление «Уралавтогаз». На первый взгляд срок 10 лет – небольшой, однако сделано за эти годы тоже немало, и «автогазовцам» есть чем гордиться.

**С**вои поздравления в адрес генерального директора ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» Давида Гайдта и работников Управления «Уралавтогаз» направил председатель совета директоров ОАО «Газпром», генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Виктор Зубков.

В поздравительном адресе, в частности, говорится: «Накопленный «Уралавтогазом» за десятилетие уникальный опыт работы на рынке газомоторного топлива, создание и продвижение перспективных технологий и оборудования, способствующих расширению использования природного газа в качестве моторного топлива, – говорят о том, что вы сумели не просто занять свою нишу, а уверено закрепиться в ней на позициях лидера в Уральском регионе. Нынешняя тенденция использования газового топлива на различных видах транспорта создает широкие перспективы для его применения. Кроме того, данный сегмент рынка уже становится самостоятельной отраслью газовой промышленности – это значит, что у вас впереди огромные перспективы для роста и профессиональной самореализации».

Отметим, что созданное в 2003 г. для решения вопросов по переводу автотранспортных средств на компримированный природный газ (КПГ) и эксплуатации автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) Управление «Уралавтогаз» сегодня является лидером в сфере использования природного газа в качестве моторного топлива в Уральском регионе. В его состав вошли все эксплуатируемые АГНКС и пункты по переоборудованию автомобилей на газ.

Сегодняшняя деятельность Управления «Уралавтогаз» – это не только активная работа по переводу автотранспорта на природный газ, но и обеспечение надежной работы АГНКС в Свердловской, Челябинской, Курганской и Оренбургской областях, активное освоение инновационных технологий, таких как использование сжиженного природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива для автомобильного и железнодорожного транспорта, беструбопроводной газификации всех видов потребителей, а также мобильного газоснабжения при проведении ремонтных работ на газопроводах. В этих суховатых строчках – жизнь и трудовые будни почти 500 работников филиала.

Исторически сложилось, что уральские газовики оказались в Газпроме в числе пионеров и признанных лидеров в становлении газомоторного рынка. Две первые АГНКС были введены в эксплуатацию в Свердловске и Челябинске еще в 1984 г., за два последующих десятилетия их число выросло до двух десятков. Так что Управление «Уралавтогаз» возникло не на пустом месте – почва была подготовлена.

Молодой коллектив начал проявлять себя с первых шагов. Вот лишь несколько штрихов. В 2004 г. введена в эксплуатацию АГНКС в Песчано-Коледино, реконструированы АГНКС в селе Долгодеревенское и поселке Красногорский. В 2006-м заработали АГНКС в Нижнем Тагиле и Сысерти, создан Оренбургский эксплуатационный участок.

В 2007 г. приказом ОАО «Газпром» была утверждена «Целевая комплексная программа развития газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе, на



2007–2015 годы», в реализации которой «Уралавтогаз» принял самое деятельное участие. Неудивительно, что в первую пятилетку работы филиала объем реализации КПГ на Урале был увеличен в три раза.

Следующая пятилетка тоже выдалась ударной. В 2008 г. была запущена многотопливная АЗС № 4 в Нижнем Тагиле, три года спустя заработала АГНКС в поселке Айдырля, в прошлом году открылась АГНКС № 2 в Кургане. Также введен в промышленную эксплуатацию комплекс по производству СПГ на ГРС-4 в Екатеринбурге, способный производить 3 т/ч.

Сегодня на балансе Управления 31 АГНКС, а также шесть пунктов переоборудования автомобилей, расположенные в Екатеринбурге, Магнитогорске, Челябинске, Красногорском и Шадринске. А в соответствии с Целевой программой до 2015 г. планируется построить еще несколько газовых заправок.

Другим важным направлением деятельности Управления является продвижение газомоторной техники на рынок. Четыре года подряд специалисты «Уралавтогаза» принимают активное участие в международной выставке промышленных инноваций «Иннопром», проходящей в Екатеринбурге. Это позволяет показать товар лицом: демонстрируются как техника, работающая на метане, так и газозаправочное оборудование. В результате в 2011 г. в рамках этого масштабного форума было подписано трехстороннее соглашение между правительством Свердловской области, ООО «ГТЕ» и ОАО «КАМАЗ» о развитии рынка применения природного газа в качестве моторного топлива.

А два года назад «Уралавтогаз» принял участие в организации и проведении мощной пропагандистской акции – автопробега «Голубой коридор–2011: Урал – Центр». Двухнедельный марафон, прошедший через 11 городов, стал самым протяженным (почти 3600 км) и самым продолжительным за всю историю автопробегов под флагом Газпрома. В каждой точке маршрута проходили выставки метановых автомобилей, проводились круглые столы, подписывались соглашения и т.д.

Предметом особой гордости Управления является участие филиала в уникальном для России проекте альтернативной беструбопроводной газификации, который был реализован в 2012 г. в поселке Староуткинск Свердловской области. В эксплуатацию были запущены две блочно-модульные котельные, работающие на привозном сжиженном газе. Это позволило сократить затраты на газификацию населенного пункта в 2,5 раза.

А в начале этого года в Свердловской области был запущен в опытную эксплуатацию первый в России магистральный газотурбовоз на сжиженном природном газе. Это проект федерального значения, который реализуют совместными усилиями газовики и железнодорожники. Дебютная заправка состоялась на ГРС-4, где есть комплекс по производству СПГ, естественно, при непосредственном участии хозяев – представителей «Уралавтогаза». Теперь не менее двух раз в месяц газовый локомотив наведывается на ГРС-4, чтобы подзарядиться топливом.



Комплекс СПГ на ГРС-4

***Вперед у «Уралавтогаза» новые производственные успехи.***

***10 лет – не возраст: все только начинается!***

# Газомоторный рынок России – метановый вектор

Ю.Н. Дрыгина, обозреватель журнала

Уходящий год стал важной вехой в истории российской газомоторной отрасли. Сразу несколько знаковых событий дали импульс к развитию рынка метанового топлива. Перевод общественного транспорта на природный газ, строительство газомоторной инфраструктуры, законодательные инициативы – сегодня не только отрасль, но и вся экономика России на пороге серьезных изменений.

## Первый шаг – законодательный

История применения метана на транспорте в России насчитывает более 80 лет. В период с 1985 по 1988 год на территории страны были введены в эксплуатацию 130 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Однако после перестройки темпы развития рынка газомоторного топлива значительно замедлились. Переломным в этом отношении стал 2013 год – в мае Правительство России издало Распоряжение № 767-р, согласно которому 50 % общественного транспорта и парка техники дорожно-коммунальных служб в крупных городах должны быть переведены на альтернативное экологичное топливо метан. Кроме того, в мае 2013 года были внесены изменения в Постановление Правительства

Российской Федерации от 29 октября 2009 г. № 860, предусматривающие заправку газовым моторным топливом как обязательную услугу на автозаправочных станциях. Помимо этого, региональным властям было рекомендовано снизить транспортный налог для автомобилей, работающих на метане. Министр энергетики Александр Новак предложил даже обнулить транспортный налог для газомоторного транспорта.

Однако говорить о возрождении рынка метанового топлива только с законодательной позиции – значит рассматривать ситуацию с одного ракурса. Даже при отсутствии стимулирующих мер увеличение объемов потребления компримированного природного газа (КПГ) происходило естественным путем. К примеру, в 2006 году в России было

около 60 тыс. автомобилей на метане. В 2013 году эта цифра приблизилась к 90 тыс. Рост во многом объясним технологическим прогрессом. Известно, что ранее массовому распространению природного газа в качестве топлива мешало недостаточно качественное оборудование. Теперь технологии вышли на новый уровень.

В целом, комплекс законодательных, технологических и потребительских факторов создал необходимую базу для масштабной газификации российского автотранспорта.

## Инфраструктурные перспективы

Вполне логично, что первым в газификацию транспорта включился «Газпром» – компания обладает крупнейшими запасами природного газа в мире. Тем более что большой задел в этом направлении уже был – 210 из 246 существующих АГНКС в России принадлежат компаниям Группы «Газпром».



В декабре 2012 года создана специализированная компания ООО «Газпром газомоторное топливо», назначенная единым оператором рынка газомоторного топлива в России. В августе 2012 года была озвучена сумма инвестиций «Газпром газомоторное топливо» в расширение газозаправочной инфраструктуры. До конца 2014 года в строительство, реконструкцию АГНКС и дооборудование традиционных АЗС блоками заправки метаном будет вложено около 14 млрд руб. Планируется, что к 2020 году в эксплуатацию будет введено более 2000 АГНКС. Обеспечение необходимого уровня загрузки новых метановых АЗС – задача региональных властей.

### Приоритет региональных рынков

Переход на метан выгоден в первую очередь субъектам РФ. Благодаря выгодной стоимости топлива сокращаются бюджетные расходы, растет энергоэффективность, улучшается экологическая ситуация.

Процесс перевода автомобильной техники на метан ведется в 31 субъекте РФ, а эффективность использования природного газа на транспорте – доказанный факт. Отдельный интерес представляет опыт Татарстана. Во время проведения Летней Универсиады в Казани были задействованы 130 автобусов «НЕФАЗ». При заправке дизельным топливом затраты составили бы 3,34 млн руб., а при заправке метаном фактические расходы оказались практически в два раза ниже – около 1,68 млн руб.

Экономический эффект достигнут и в Набережных Челнах: в течение года здесь эксплуатировали восемь дорожных машин «КАМАЗ» на метане. Их общий пробег за это время составил 310 967 км, расход газа – 190 553 м<sup>3</sup>, расход топлива на 100 км – 61,28 м<sup>3</sup>. Затем были подсчитаны затраты по ГСМ: при использовании метана – 1 429 146 руб., при использовании дизельного топлива – 3 806 292 руб. Разница составила 2 377 146 руб.!

Во многих регионах именно стимулирующие законодательные меры стали важным фактором развития рынка газомоторного топлива. Требования к муниципальным перевозчикам при участии в конкурсах, субсидии на приобретение транспорта на природном газе, льготы и преференции при получении госконтрактов – разные субъекты выдвигают различные инициативы по поддержанию применения метана.

### Газомоторная отрасль: сегодня и завтра

На сегодняшний день российский парк автомобилей потребляет около 0,4 млрд м<sup>3</sup> метана в год. К 2020 году этот показатель планируется увеличить до 10,4 млрд м<sup>3</sup>. На природный газ перейдет 50 % общественного транспорта и коммунальной техники, 30 % грузового транспорта, 20 % сельскохозяйственной техники и 10 % личного транспорта. При планируемой динамике природный газ займет долю в 4,5 % общего объема реализуемого моторного топлива в России. На этом уровне возникнет так называемый самоподдерживающийся эффект роста спроса – этап, на котором начнется массовое развитие этого сегмента рынка. В дальнейшей перспективе спрос на природный газ будет расти еще более высокими темпами.

Сегмент газомоторного топлива – одно из наиболее перспективных направлений топливного рынка, к которому проявляют интерес все участники. Регионы и муниципалитеты планомерно переводят транспорт и технику на метан, розничные сети заключают соглашения на дооборудование АЗС блоками заправки природным газом, стартовало масштабное строительство газомоторной инфраструктуры. Все это позволяет говорить о том, что в 2013 году заложена основа для успешного развития новой отрасли.



# Производство водорода из органического сырья

**С.В. Коробцев**, исп. директор Центра физико-химических технологий НИЦ «Курчатовский институт», к.ф.-м.н.,  
**М.Ф. Кротов**, начальник лаборатории Центра физико-химических технологий НИЦ «Курчатовский институт», к.ф.-м.н.,  
**В.Н. Фатеев**, заместитель директора Центра физико-химических технологий НИЦ «Курчатовский институт», профессор, д.х.н.,  
**С.И. Козлов**, профессор, д.т.н.,  
**С.В. Люгай**, директор Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Переработка органических соединений в настоящее время является основной технологией производства водорода и будет ею оставаться еще весьма длительное время. Приведены особенности процессов паровой и углекислотной конверсии метана, автотермического риформинга и термического крекинга (пиролиз) углеводородного сырья, а также принципиальное отличие процессов газификации от процессов конверсии органического сырья. Проведен сравнительный анализ технологий получения водорода из органического сырья.

**Ключевые слова:** концепция водородной энергетики, физико-химические основы процессов, паровая конверсия метана, углекислотная конверсия метана, автотермический риформинг, газификация, термический крекинг (пиролиз) углеводородного сырья.

Концепция водородной энергетики, интенсивно развиваемая в последнее десятилетие во всех ведущих странах мира, направлена, кроме прочего, на решение задачи использования водорода в качестве универсального топлива для транспортных энергетических установок, которые являются основными потребителями ископаемого топлива и загрязнителями городской окружающей среды [1, 2]. В настоящее время практически все ведущие автомобильные фирмы занимаются разработками водородных автомобилей.

Перевод автомобильного транспорта на водород требует в первую очередь решения задачи создания соответствующей инфраструктуры. Наличие уже развитой инфраструктуры топливообеспечения бензином, сжиженным и газообразным природным газом позволяет на начальном этапе создавать на ее основе инфраструктуру децентрализованного производства водорода из углеводородов, включая станции водородной заправки для автотранспорта. Концепция водородной энергетики предполагает в дальнейшем переход на централизованную инфраструктуру производства и распределения водорода с использованием в качестве сырья более широкого спектра органических соединений. В работе [3] были рассмотрены современные электролизные технологии производства водорода из воды. Однако доля водорода, получаемого электролизом, составляет всего 4 %, а основным сырьем для производства водорода являются органические соединения. Переработка органических

соединений в настоящее время является основной технологией производства водорода и будет ею оставаться еще весьма длительное время.

## Физико-химические основы процессов

В качестве исходного органического сырья для производства водорода используются:

- природный газ;
- сжиженные углеводородные газы (СУГ);
- смесь прямогонных бензинов (нафта) или отдельные бензиновые фракции;
- метанол;
- тяжелые нефтяные остатки (мазут, гудрон, битумы и т.п.);
- каменный уголь;
- твердые бытовые отходы;
- биомасса и продукты ее переработки.

Основная часть процессов переработки органического сырья в водород связана с получением промежуточного продукта – синтез-газа (смесь водорода с оксидом углерода). Такие процессы называют конверсией или риформингом<sup>1</sup>. Применительно к переработке твердых веществ в отношении этих процессов также применяется термин газификация.

Процессы термического разложения органического сырья называют крекингом<sup>2</sup> или пиролизом.

1 **Conversion, reforming** – превращение, преобразование.

2 **Cracking** – расщепление.

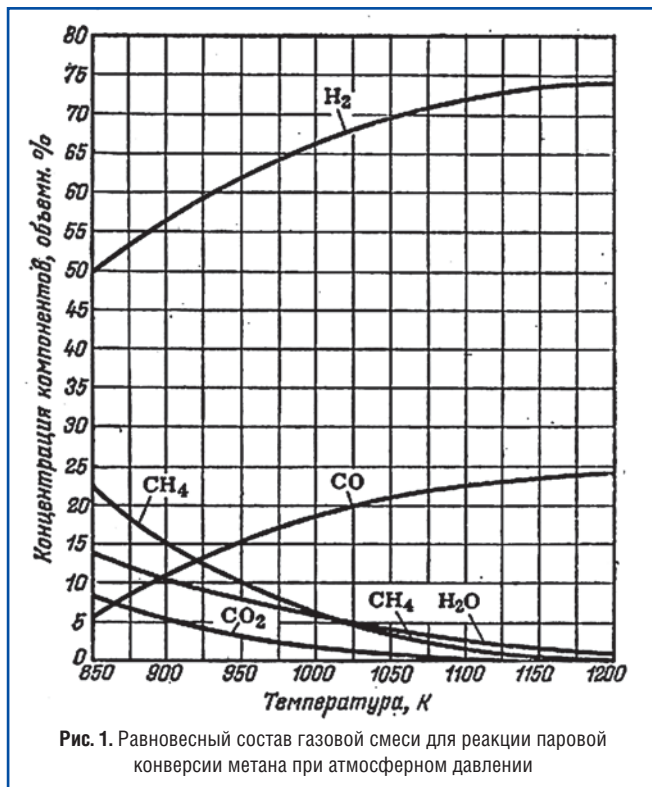
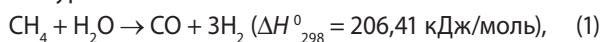


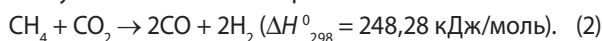
Рис. 1. Равновесный состав газовой смеси для реакции паровой конверсии метана при атмосферном давлении

### Паровая, углекислотная конверсия углеводородов

В настоящее время большая часть промышленного крупномасштабного производства водорода основана на процессе конверсии природного газа, основным компонентом которого является метан (95...99 %) [4-6]. Один из основных процессов – паровая конверсия метана, описываемая уравнением



а также углекислотная конверсия метана



В результате реакций конверсии образуется синтез-газ, который содержит также CO<sub>2</sub> и непрореагировавшие исходные реагенты – метан и пары воды.

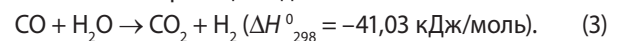
Равновесный состав синтез-газа зависит от температуры и давления. С ростом температуры концентрация целевых продуктов – водорода и оксида углерода – растет, в то время как с ростом давления равновесие сдвигается влево, поскольку реакция идет с увеличением объема. На рис. 1 приведен равновесный состав газовой смеси для реакции паровой конверсии метана при различных температурах и атмосферном давлении [7]. Как видно из рисунка, степень конверсии метана приближается к единице при температурах 800...900 °С. Однако кинетически реакция заторможена и в диапазоне указанных температур даже при высоких давлениях идет очень медленно. Для увеличения скорости реакции процесс паровой конверсии осуществляется в присутствии катализатора с подводом теплоты через стенку реактора. В качестве катализатора

процесса применяется никель, нанесенный на окись алюминия или окись магния. Необходимое количество теплоты обеспечивается сжиганием около 30 % общего расхода природного газа.

Повышение давления также увеличивает скорость реакции несмотря на то, что в этих условиях несколько возрастает содержание CH<sub>4</sub> в продуктах реакции, поскольку с ростом давления повышается концентрация реагирующих веществ, причем увеличение скорости реакции значительно опережает ее снижение за счет увеличение объема. Повышая содержание водяного пара, можно сдвигать равновесие вправо и компенсировать таким образом рост концентрации CH<sub>4</sub> в продуктах реакции. Добавляя в исходные реагенты CO<sub>2</sub>, то есть подключая к процессу углекислотную конверсию по реакции (2), можно в определенных пределах варьировать состав получаемого синтез-газа.

Возможность регулирования состава важна в том случае, когда синтез-газ используется как реагент для последующего синтеза. В настоящее время широкое распространение в процессах переработки природного газа получила так называемая GTL<sup>3</sup>-технология. Она заключается в том, что из синтез-газа синтезируются жидкие углеводороды. Например, в процессе Фишера–Тропша при соотношении в синтез-газе H<sub>2</sub>/CO=2 получают широкую фракцию легких углеводородов, из которой можно выделять синтетическое моторное топливо (керосин, бензин, дизельное топливо и т.д.) – ценный и легко транспортируемый в существующей инфраструктуре продукт.

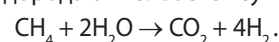
Процесс конверсии углеводородов является основной и достаточно энергоемкой стадией конверсионной технологии производства водорода из углеводородного сырья. Для получения водорода получаемый синтез-газ направляется на конверсию оксида углерода с водяным паром по так называемой «реакции сдвига»



Реакция сдвига слабоэкзотермическая и ее равновесие смещено в сторону образования продуктов при более низких температурах.

На рис. 2 показаны зависимости содержания оксида углерода в продуктах реакции сдвига от температуры при различных соотношениях пар–газ [7]. Видно, что процесс конверсии оксида углерода целесообразно проводить в диапазоне температур 200...300 °С с избытком пара. Процесс конверсии CO проводится в присутствии катализатора под давлением.

В результате последовательного проведения паровой конверсии метана и реакции сдвига процесс получения водорода описывается суммарной реакцией



3 GTL (gas to liquid) – газ в жидкость.

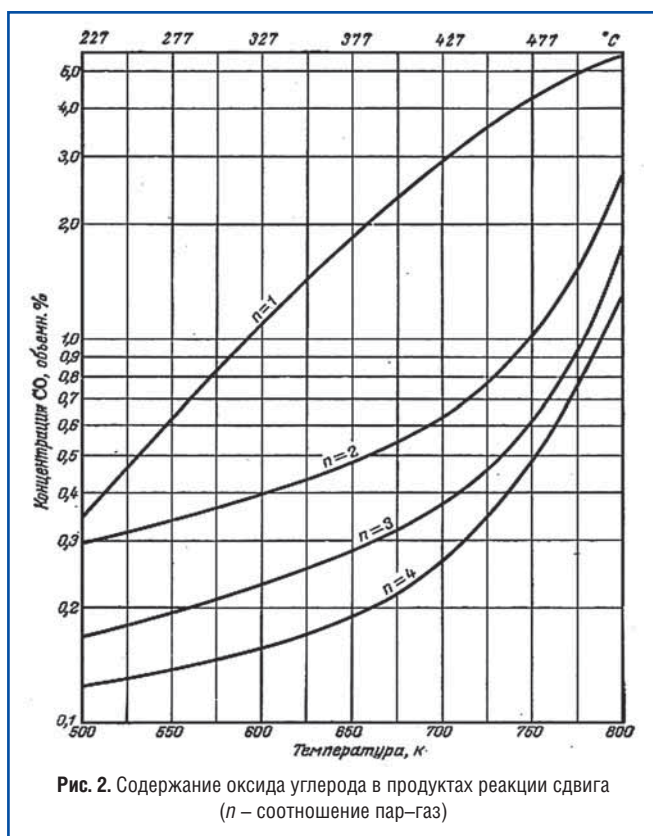


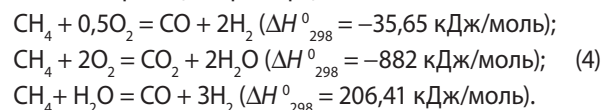
Рис. 2. Содержание оксида углерода в продуктах реакции сдвига ( $n$  – соотношение пар–газ)

Интересно отметить, что в этих процессах половина получаемого водорода извлекается из метана, а вторая половина – из воды.

### Парциальное окисление

Реакция парциального (частичное) окисления углеводородов является, по сути, процессом неполного сжигания углеводородов при недостатке кислорода. Она проходит с выделением теплоты при высоких температурах (около 1400 °С) без присутствия катализатора.

Основные реакции при парциальном окислении метана:



Принципиальным отличием этого процесса является отсутствие необходимости подвода теплоты через стенку реактора, так как энергия обеспечивается за счет сжигания части исходного сырья внутри реакционной зоны, а не снаружи, как при паровой или углекислотной конверсии. Именно это дает возможность практически реализовать процесс при более высоких температурах без катализатора. В результате парциального окисления получают синтез-газ, в котором  $\text{H}_2/\text{CO}=1,8\dots 2,0$ . В продуктах реакции содержатся также  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Высокие температуры реакции обеспечивают малое остаточное содержание метана (обычно до 0,3 % мольных).

Получаемый газ направляется на конверсию оксида углерода с водяным паром по реакции (3). В результате,

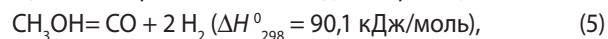
так же как и при паровой конверсии метана, часть получаемого водорода извлекается из воды. Недостатком технологии парциального окисления является потребность в кислороде, для производства которого требуются дополнительные энергетические и капитальные затраты.

### Автотермический риформинг

Автотермический риформинг – это комбинированный процесс, сочетающий реакции парциального окисления (4) и парового риформинга (1, 2) в одном реакторе. Сначала в зоне смесителя – горелки – проводится экзотермический процесс парциального окисления сырья без катализатора. На данной стадии в процессе горения выделяется теплота, обеспечивающая проведение паровой конверсии, которая осуществляется в средней части аппарата – зоне неподвижного катализатора на никелевой основе. Термин «автотермический» означает, что риформинг сырья протекает за счет энергии самой реакционной смеси, без подвода теплоты извне. Состав реагирующих газов подбирается таким, чтобы проходящие реакции давали в сумме нулевой тепловой эффект (с точностью до тепловых потерь через стенки).

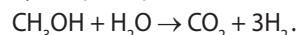
Технология автотермического риформинга и парциального окисления может работать на мазуте, гудроне и других тяжелых нефтяных остатках. Недостатком автотермического риформинга так же, как и парциального окисления, является потребность в чистом кислороде. В ряде случаев реализуют процесс паровоздушного автотермического риформинга, в результате которого получают азотоводородную смесь. Такой процесс широко используют в аммиачном производстве, при этом оказывается возможным получать азотоводородную смесь нужного для производства аммиака стехиометрического состава с соотношением водород/азот, равном 3/1 [7].

Сырьем для получения водорода в процессах конверсии, описанных выше, могут служить также спирты и, в частности, метанол. Недостатком этих топлив являются их меньшая энергоемкость, так как они – продукты частичного окисления алканов, а также более высокая стоимость. Процесс конверсии метанола идет по реакции

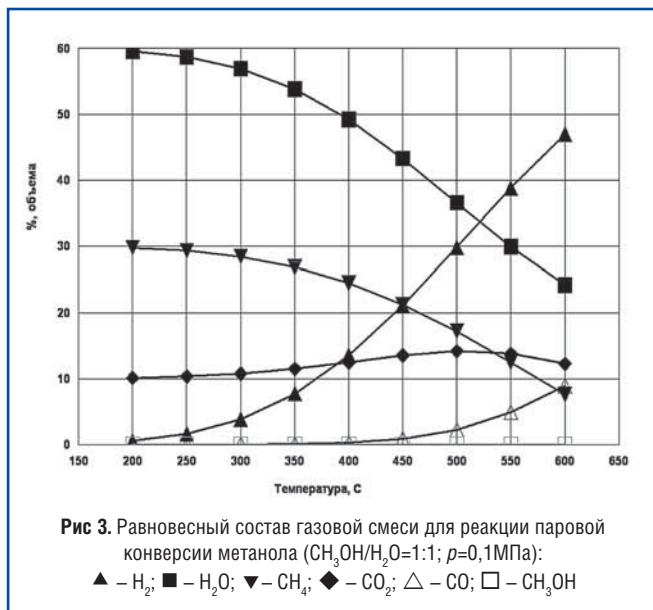


а также по уже описанной выше реакции сдвига (3).

Суммарная реакция записывается уравнением



Реакция (5) эндотермическая и также требует подвода теплоты, однако температура конверсии существенно ниже (300...400 °С), чем температура конверсии метана, поскольку  $\Delta H$  этой реакции заметно меньше. При этом существенно, что в данном диапазоне температур в той же реакционной зоне эффективно идет и реакция сдвига



(см. рис. 2). На рис. 3 приведены результаты расчета равновесного состава газовой смеси для реакции паровой конверсии метанола при различных температурах и атмосферном давлении. Видно, что при достижении равновесия в случае паровой конверсии в продуктах реакции содержатся водород и диоксид углерода, а также практически отсутствует оксид углерода.

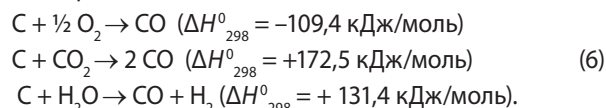
Таким образом, благодаря относительно низкой температуре процесса использование спиртов (метанол, этанол и пр.) в качестве сырья позволяет создавать компактные конвертеры с получением водорода в одну стадию и высокой энергетической эффективностью [8]. Одним из возможных применений является производство водорода на борту автомобиля с твердополимерными водородными топливными элементами. Метанол (этанол) является жидкостью, что упрощает проблему его хранения на борту автомобиля. Очистка водорода от исходных непрореагировавших веществ достаточно проста, а более низкие температуры конверсии сокращают время выхода конвертера на рабочий режим и делают его более удобным при эксплуатации (не нужна мощная тепловая защита и тепловод).

### Газификация

Принципиальное отличие процессов газификации от процессов конверсии органического сырья связано с тем, что исходное сырье находится в твердой фазе, и плохая кинетика поверхностных реакций затрудняет применение катализаторов в связи с их уносом из реакционной зоны. Это приводит к необходимости проводить газификацию при более высоких температурах. Процессы газификации требуют также введения дополнительных стадий производства – специальной подготовки сырья и выведения шлаков, в которых содержатся побочные ценные продукты.

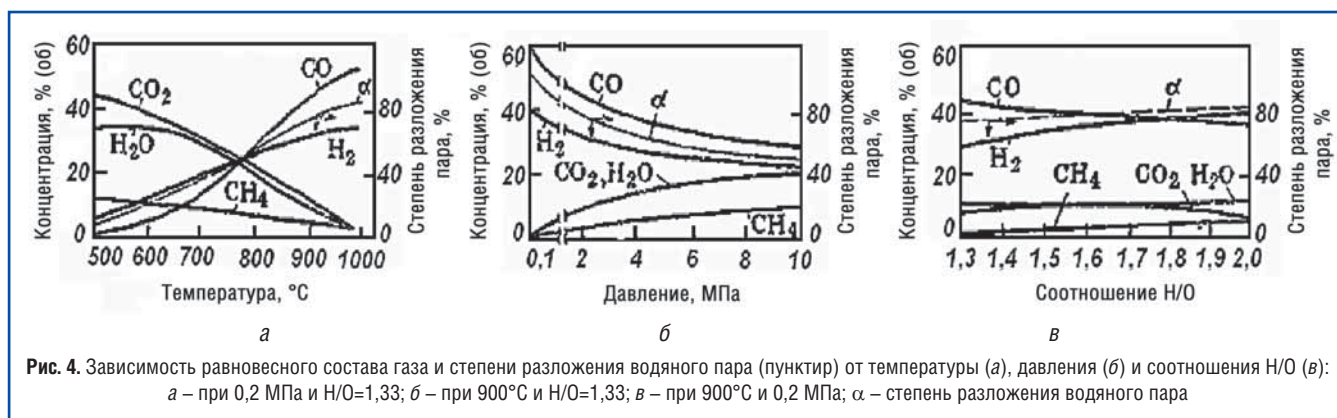
Отношение количества углерода к водороду (C/H) для твердых органических веществ в отличие от газообразных и жидких не превышает единицы и находится в диапазоне 0,5...1. Синтез-газ, получаемый в процессе газификации, содержит повышенное количество оксида углерода, при этом основная часть получаемого водорода производится из воды на стадии конверсии CO. Соответственно процесс газификации сопровождается повышенным выделением  $\text{CO}_2$  по отношению к получаемому водороду. Поэтому именно для этих процессов актуально решение проблемы захоронения выбросов углекислого газа.

Определяющую роль в газификации играют реакции с участием углерода, при этом процесс газификации твердых топлив рассматривают как неполное окисление углерода. Как правило, окислителями служат  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и водяной пар:



Таким образом, прямой продукт газификации (сырой газ) всегда содержит некоторые количества  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ , иногда и высшие углеводороды, а при использовании воздуха – еще и  $\text{N}_2$ . На рис. 4 приведены результаты расчетного исследования влияния условий газификации (температура, давление, соотношение водорода и кислорода в дутье) на равновесный состав получаемого газа.

Приведенные результаты могут быть получены лишь в условиях термодинамического равновесия. В реальных условиях газификации равновесное состояние, как



правило, не достигается, поэтому концентрации  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{CH}_4$ , а также степень разложения водяного пара всегда ниже равновесных.

Активность твердых топлив и скорость газификации в значительной степени зависят от минеральных составляющих, выступающих в роли катализаторов. Известно много веществ, ускоряющих взаимодействие углерода с газифицирующими агентами. Особенно эффективны соединения, содержащие щелочные металлы: хлориды и карбонаты натрия или калия. Оксиды кальция, железа, магния, цинка тоже способны ускорять процесс. Кроме того, добавки 10...20 % карбонатов щелочных или щелочноземельных металлов позволяют понизить температуру и давление паровой газификации битуминозного угля с 980...1040 °C и 7 МПа соответственно до 650...760 °C и 3,5 МПа. Высокую каталитическую активность при взаимодействии углерода с водяным паром проявляют также металлы – железо, кобальт, никель. Относительное каталитическое влияние микроэлементов углей при газификации может быть представлено рядом [9]



Скорость реакций газификации лимитируется скоростью химических превращений (при температурах 700...800 °C), а также скоростью диффузии (при температурах выше 900 °C). Процессы газификации интенсифицируют путем повышения температуры и давления, что позволяет значительно увеличить парциальные давления реагирующих веществ, а также ростом концентрации кислорода, скорости дутья и изменением свойств реакционной поверхности.

### Термический крекинг (пиролиз) углеводородного сырья

В данной группе процессов происходит прямое термическое разложение природного газа, пропана, мазута и т.п. в присутствии или отсутствии катализаторов на составные элементы – углерод и водород. Если же это органические вещества (спирты, эфиры и т.д.), молекулы которых

содержат кислород, то в результате пиролиза получают углерод и синтез-газ.

Основной процесс для метанового сырья, проводимый при 800 °C, атмосферном давлении и наличии металлических катализаторов, протекает по реакции



Реакция – эндотермическая, с подводом теплоты, которую получают сжиганием около 10 % сырьевого газа. При более высоких температурах реакция может осуществляться и без катализатора. Значительным недостатком процесса является образование на поверхностях катализатора твердого аморфного углерода (коксование). Катализатор восстанавливается, как правило, выжиганием при 900 °C. В результате пиролиза, помимо водорода, получают так называемый технический углерод, являющийся ценным продуктом. Его применяют в производстве резины, пластмасс, типографских красок, копировальной бумаги, некоторых сплавов, электродов, гальванических элементов. Объем мирового производства технического углерода составляет порядка 10 млн т/год.

### Сравнительный анализ технологий получения водорода из органического сырья

В табл. 1 и 2 приведены термодинамические параметры процессов паровой конверсии (процесс конверсии и последующая реакция сдвига не разделены) и параметры процессов пиролиза для различных веществ в расчете на единицу массы вещества. Для сравнения энергосодержания в таблицах также приведена энтальпия сгорания  $\Delta_{\text{сгор}} H_{373}^0$  исходного реагента. Энтальпия сгорания водорода (равна 121,28 кДж/г), полученного из 1 г исходного вещества ( $\Delta_{\text{сум}} H_{373}^0$ ), приведена в последних колонках табл. 1 и 2. Очевидно, что хотя жидкие реагенты и имеют некоторые преимущества с точки зрения хранения и температуры конверсии, содержание в них водорода существенно меньше, чем в газообразных.

Максимальный теоретический КПД процесса получения водорода из органических соединений равен

Таблица 1

Термодинамические параметры паровой конверсии для различных веществ

Исходное вещество	$\Delta_{\text{сгор}} H_{373}^0$ , кДж/г	Процесс	$T_{\text{конв.}}$ , °C	$\Delta_{\text{конв.}} H_{373}^0$ , кДж/г	$\text{H}_2$ на 1 г исходного вещества, г	$\Delta_{\text{сум}} H_{373}^0$ , $\text{H}_2$ на 1 г исходного вещества, кДж/г
Метан	- 50,12	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$	750	10,52	0,5	- 60,64
Пропан	- 46,39	$\text{C}_3\text{H}_8 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 10\text{H}_2$	450	8,19	0,45	- 54,58
Бутан	- 45,68	$\text{C}_4\text{H}_{10} + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{CO}_2 + 13\text{H}_2$	450	8,65	0,448	- 54,33
Октан (бензин)	- 44,85	$\text{C}_8\text{H}_{18} + 16\text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{CO}_2 + 25\text{H}_2$	800	8,39	0,439	- 53,24
Метанол	- 21,09	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$	260	1,95	0,19	- 23,04
Диметилвый эфир	- 28,8	$\text{CH}_3\text{OCH}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2$	260	2,73	0,26	- 31,53
Этанол	- 27,74	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2$	600	3,79	0,26	- 31,53



Таблица 2

Термодинамические параметры пиролиза для различных веществ

Исходное вещество	$\Delta_{\text{сгор}} H_{373}^0$ , кДж/г	Процесс	$T_{\text{разл}}$ , °С	$\Delta_{\text{разл}} H_{373}^0$ , кДж/г	$H_2$ на 1 г исходного вещества, г	$\Delta_{\text{сум}} H_{373}^0$ $H_2$ на 1 г исходного вещества, кДж/г
Метан	-50,12	$CH_4 \rightarrow C+2H_2$	700	5,6	0,25	-30,32
Пропан	-46,39	$2C_3H_8 \rightarrow 6C+8H_2$	700	3,37	0,18	-21,83
Бутан	-45,68	$2C_4H_{10} \rightarrow 8C+10H_2$	700	2,68	0,17	-20,62
Бензин	-44,85	$C_8H_{18} \rightarrow 8C+9H_2$	700	3,17	0,16	-19,40
Метанол	-21,09	$CH_3OH \rightarrow 2H_2+CO$	700	3,71	0,13	-15,77
Диметиловый эфир	-28,80	$CH_3OCH_3 \rightarrow C+3H_2+CO$	700	2,11	0,13	-15,77
Этанол	-27,74	$C_2H_5OH \rightarrow C+3H_2+CO$	700	3,07	0,13	-15,77

отношению энергосодержания (энтальпия сгорания  $\Delta_{\text{сум}} H_{373}^0$ ) получаемого водорода к энтальпии сгорания исходного топлива ( $\Delta_{\text{сгор}} H_{373}^0$ ) плюс энергозатраты на процесс получения водорода ( $\Delta_{\text{к}} H_{373}^0$ ).

Следует отметить, что при паровой конверсии рассмотренных выше веществ начальное состояние (исходное топливо и вода) и конечное состояние (водород и  $CO_2$ ) системы совпадают независимо от пути проведения процесса (через образование синтез-газа и реакцию сдвига или при прямом окислении исходного топлива), а так как  $\Delta H$  является функцией состояний и ее изменение не зависит от пути процесса, то энергосодержание получаемого водорода должно равняться энергосодержанию исходного сырья и дополнительной энергии, затраченной на его получение. Отсюда следует, что теоретический (термодинамический) КПД процесса равен 100 %.

Реально достигаемая в настоящее время эффективность процессов конверсии алканов составляет 70...80 %. Это обусловлено как тепловыми потерями в конвертере, так и тем, что затраты энергии на нагрев реагентов до температуры конверсии соизмеримы с затратами теплоты на сам процесс конверсии. Для снижения тепловых потерь необходимо максимально эффективно использовать теплоту продуктов конверсии для предварительного нагрева исходных реагентов. Поэтому реализуемый на практике КПД конверсии спиртов и диметилового эфира несколько выше за счет более низкой температуры процесса.

КПД пиролиза, где на 1 моль метана образуется 2 моля водорода, будет не более 55,3 %, так как на процесс затрачивается дополнительная энергия, а «химическая энергия» метана (углерода в метане) используется не полностью.

Таким образом, паровая конверсия метана позволяет получить максимальное количество водорода и на первый взгляд не имеет конкуренции. Однако необходимость сжигания части метана для обеспечения подачи теплоты в реакционную зону приводит к тому, что расход метана в этом процессе практически такой же,

как при парциальном окислении или автотермическом риформинге.

Современные крупнотоннажные производства водорода в подавляющем большинстве случаев базируются на процессе паровой конверсии легких углеводородов и прежде всего метана. В ряде случаев с целью расширения видов используемого сырья технология паровой конверсии комбинируется с автотермическим риформингом или парциальным окислением. Технология парциального окисления в чистом виде применяется преимущественно для производства синтез-газа с последующим получением жидких продуктов (GTL-технология). Технология получения водорода, основанная на пиролизе органического сырья, в отличие от конверсионной ввиду проблемы утилизации получаемого углерода не используется для крупномасштабного производства водорода, но рассматривается для установок малой производительности.

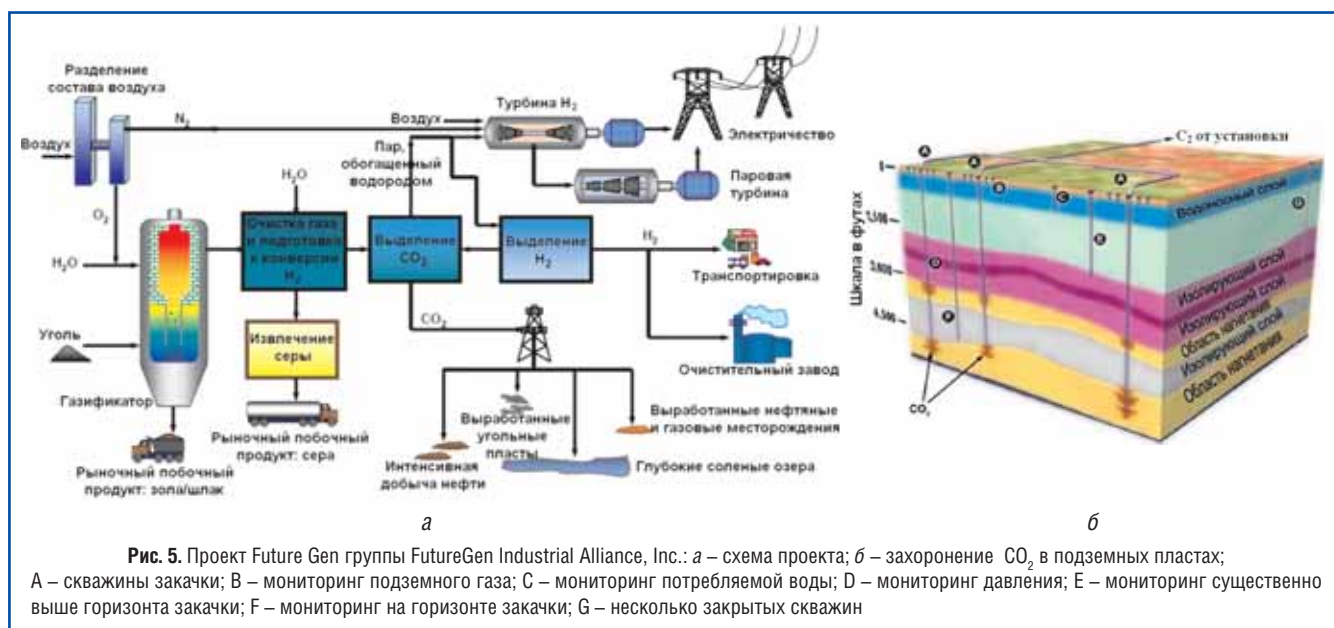
Следует также отметить, что процессы паровой конверсии и пиролиза, основанные на внешнем подводе теплоты, позволяют получать водород с подводом теплоты от альтернативных (в том числе возобновляемых)

Таблица 3

Выбросы углекислого газа при производстве водорода

Технология	Выбросы $CO_2$ , кг/нм <sup>3</sup> $H_2$
Электролиз (электроэнергия от ТЭС)	2,6
Газификация биомассы	1,7...2,0
Газификация угля	1,0...1,4
Конверсия природного газа	0,8
Конверсия природного газа с использованием ядерной энергии	0,6
Пиролиз природного газа	0,2
Электролиз, пиролиз с использованием альтернативных источников энергии	0





источников энергии. В качестве таковых рассматриваются, прежде всего, ядерные реакторы и солнечная энергия. При этом в процессах конверсии весь углерод переходит в сбросной газ (диоксид углерода), и соответственно используется весь энергетический потенциал исходного сырья, а при пиролизе часть энергетического потенциала сырья остается в получаемом техническом углероде. Помимо достижения максимальной эффективности использования органического сырья, применение альтернативных источников энергии исключает необходимость сжигания его части для обеспечения энергетического процесса и таким образом позволяет снизить выбросы диоксида углерода при паровой конверсии и полностью их исключить при пиролизе.

Образующийся при производстве водорода углекислый газ представляет собой серьезную экологическую проблему. Важно отметить, что проблема утилизации выбросов углекислого газа возникает как при производстве водорода из органического сырья, так и при производстве

электроэнергии, необходимой, в том числе для производства водорода из воды методом электролиза (табл. 3).

Для минимизации экологического ущерба разрабатываются проекты промышленного захоронения углекислого газа.

Одним из таких проектов является проект Future Gen, предполагающий совместить газификацию, выработку электроэнергии из синтез-газа и захоронение избытка CO<sub>2</sub> под землей [10]. Проект рассчитан на период до 2017 г. и обойдется приблизительно в 1,5 млрд долл. США. Помимо электроэнергии, станция будет также производить водород и углеводороды вторичной переработки, которые предполагается использовать в химической промышленности. Уникальность проекта Future Gen состоит в объединении на одной станции современных технологий газификации угля, производства электроэнергии, контроля выбросов, захоронения отходов, производства водорода и углеводородов (рис. 5). Планируется построить станцию мощностью 275 МВт.

## Литература

- 1. Korobtsev S.V., Rusanov V.D., Kornilov G.S., Fateev V.N.** Russian concept of ecologically clean city transport, Proceedings of International Symposium «HYPOTHESIS III», St.Petersburg, July 5-8, 1999.
- 2. Коробцев С.В., Фатеев В.Н.** Водород – альтернативное топливо для автомобильных энергоустановок: получение и применение, Тезисы докладов II Международной конференции «Альтернативные источники энергии для больших городов», Москва, 2006. – М.: Прима-Пресс-М, 2006. – С. 21-22.
- 3. Григорьев С.А., Порембский В.И., Фатеев В.Н., Самсонов Р.О., Козлов С.И.** Получение водорода электролизом воды: современное состояние, проблемы и перспективы // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. – № 3 (3). – С. 62-69.
- 4. Шпильрайн Э.Э. и др.** Введение в водородную энергетику. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – С. 34.
- 5. Водород.** Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справочн. изд; под ред. Д.Ю.Гамбург, Н.Ф.Дубровина. – М.: Химия, 1989.
- 6.** [http://www.hydrocarbonengineering.com/Hydrocarbon/HE\\_hydrogen\\_review.htm](http://www.hydrocarbonengineering.com/Hydrocarbon/HE_hydrogen_review.htm).
- 7. Мельник Б.Д.** Инженерный справочник по технологии неорганических веществ. – М.: Химия, 1975.
- 8. P.J. de Wild, M.J.F.M. Verhaak.** Catalytic production of hydrogen from methanol, 4th European Congress on Catalysis held in Rimini from September, 1999 // Catalysis Today. – 1999. – Vol. 60, Nos. 1-2. – P. 3-10.
- 9. Терентьев Т.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В.** Моторное топливо из альтернативных сырьевых ресурсов. – М.: Химия, 1989. – 271 с.
- 10.** <http://www.futuregenalliance.org>.

# Особенности кислородного датчика системы управления транспортных двигателей

В.И. Ерохов, профессор МГМУ «МАМИ», д.т.н.

Приведены конструктивные и функциональные особенности кислородных датчиков транспортных двигателей, изложены принципы действия таких датчиков и основных их компонентов. Приведены принципиальные и конструктивные схемы функциональных элементов кислородных датчиков нового поколения, дана оценка их технической и экологической эффективности.

**Ключевые слова:** отработавшие газы, вредные вещества, каталитический нейтрализатор, кислородный датчик, система управления, оксид циркония, оксид иттрия, гальванический элемент, циркониевый датчик, титановый датчик, нанотехнология, широкополосный датчик.

**Ж**есткие экологические нормы способствуют применению на автомобилях каталитических нейтрализаторов, содержащих датчик кислорода ( $\lambda$ -зонд), который выполняет основные функции управления в системе топливоподачи современного двигателя.

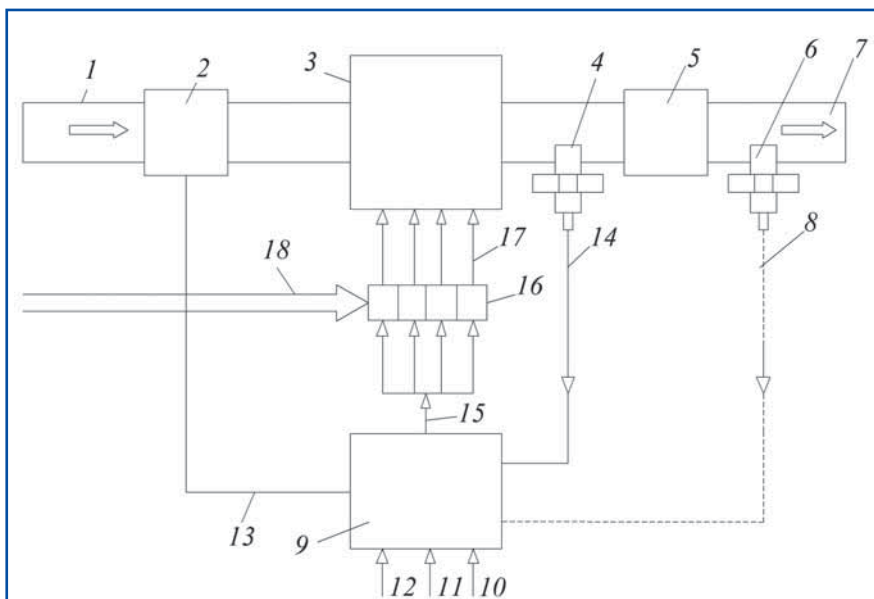
Принципиальная схема системы управления современного транспортного двигателя с обратной связью (рис. 1) содержит трехкомпонентный каталитический нейтрализатор 5, электронный блок управления (ЭБУ) 9, основной 4 датчик кислорода ( $\lambda$ -зонд), выполняющий обратную связь в системе управления через электрическую цепь 14 между поступающим топливным зарядом на входе в камеру сгорания и продуктами сгорания, и дополнительный 6  $\lambda$ -зонд [1].

Датчик кислорода 4, установленный до нейтрализатора, является основным и обеспечивает корректировку топливоподачи в системе управления. Датчик кислорода 6, установленный после нейтрализатора 5, является диагностическим и позволяет вводить дополнительные коррективы в систему топливоподачи.

ЭБУ 9 принимает сигнал с основного  $\lambda$ -зонда 4 и сравнивает его со

значением, заложенным в памяти. Если сигнал  $\lambda$ -зонда 4 отличается от оптимального значения для текущего режима, то ЭБУ корректирует длительность впрыскивания топлива. Обратная связь  $\lambda$ -зонда 4 с ЭБУ 9 обеспечивает точную подстройку в системе топливоподачи.

Блок управления 9 по заданной программе увеличивает подачу по сигналам  $\lambda$ -датчика при наличии свободного кислорода до полного его расходования. Состав смеси с помощью  $\lambda$ -зонда 4 поддерживается близким к теоретическому. При пуске и прогреве холодного двигателя



**Рис. 1.** Принципиальная схема управления нейтрализацией современного двигателя с  $\lambda$ -зондом: 1 – впускной трубопровод; 2 – расходомер воздуха; 3 – двигатель; 4 – основной  $\lambda$ -зонд; 5 – нейтрализатор; 6 – диагностический дополнительный  $\lambda$ -зонд; 7 – выпускной трубопровод; 8 – электрическая цепь диагностического  $\lambda$ -зонда; 9 – ЭБУ; 10 – датчик частоты вращения КВ; 11 – датчик расхода воздуха; 12 – датчик температуры двигателя; 13 – электрическая цепь расходомера воздуха; 14 – электрическая цепь основного (первого)  $\lambda$ -зонда; 15 – электрическая цепь электромеханической форсунки (ЭМФ); 16 – ЭМФ; 17 – шланг подачи топлива; 18 – трубопровод подачи топлива

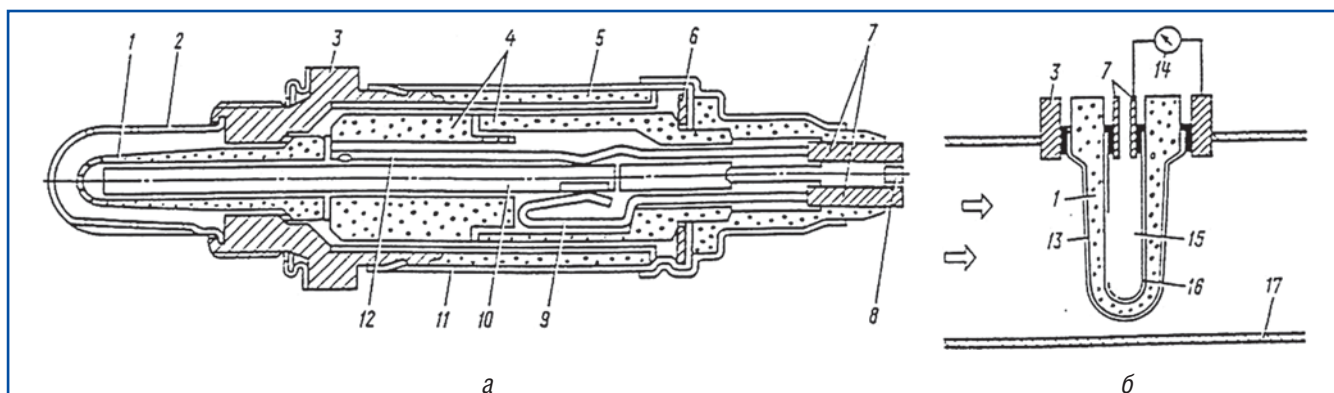


Рис. 2. Схема датчика кислорода на основе диоксида циркония: а – устройство; б – схема размещения;

1 – керамический наконечник (керамическая основа  $ZrO_2$  и  $Y_2O_3$ ); 2 – защитный колпачок с отверстиями для ОГ; 3 – металлический корпус с резьбой крепления; 4 – керамический уплотнитель; 5 – керамический изолятор; 6 – манжета; 7 – контактные площадки; 8 – вывод нагревательного элемента датчика; 9 – токопроводящий контакт цепи подогрева; 10 – нагревательный элемент; 11 – наружный защитный экран с отверстием для атмосферного воздуха; 12 – токосъемник электрического сигнала; 13, 16 – соответственно внутренний (+) и внешний (-) электроды; 14 – вольтметр; 15 – полость атмосферного воздуха; 17 – выпускной трубопровод

управление топливоподачей осуществляется без участия  $\lambda$ -зонда, а ее коррекция при прогревом двигателя – по сигналам датчиков температуры 12 и нагрузки. Датчик  $\lambda$ -зонда в зависимости от содержания кислорода в ОГ выдает соответствующее напряжение и корректирует состав смеси, изменяя количество подаваемого в цилиндры топлива.

Датчики концентрации кислорода подразделяются на электрохимические и резистивные. Первый тип датчиков (рис. 2) работает по принципу элемента, вырабатывающего электрический ток на основе твердого электролита диоксида циркония ( $ZrO_2$ ), а второй – как резистор, изменяющий сопротивление цепи в зависимости от условий окружающей его среды. Первый тип датчика содержит диоксид циркония, второй – полупроводниковую керамику диоксида титана ( $TiO_2$ ) с использованием иттрия (Y), платины (Pt), палладия (Pd) и других сложных соединений на основе алюминия (Al).

Циркониевый датчик кислорода содержит металлический корпус 3 из нержавеющей стали, наконечник 1 из специальной керамики (диоксид циркония и иттрий), представляющий собой твердый электролит с платиновыми электродами, и керамический изолятор 5. Керамический наконечник 1 датчика снабжен внутренним 13

и наружным 16 платиновыми электродами. Электрод 13 находится в потоке отработавших газов (ОГ), поступающих к нему через отверстия в защитном колпачке 2, а электрод 16 – в полости 15 атмосферного воздуха.

Электроды 13 и 16 выполнены из пористой платины или ее сплава, разделены слоем твердого электролита (диоксид циркония) со стабилизирующими добавками оксида иттрия. Внутренний электрод 16 находится в полости атмосферного воздуха с постоянным парциальным давлением кислорода, а внешний 13 омывается ОГ, поступающими через отверстия в защитном колпачке.

Датчик имеет встроенный электрический подогреватель 10, обеспечивающий его нагрев до рабочей температуры независимо от температуры ОГ. Нагревательный элемент датчика представляет собой спираль, расположенную внутри его корпуса.

Пористая керамика на основе  $ZrO_2$ , легированная оксидом иттрия, представляет собой твердый электролит, обеспечивающий прохождение ионов кислорода. Чем больше концентрация  $O_2$  в ОГ, тем меньше выходное напряжение на кислородном датчике. Диапазон рабочих температур обычных датчиков составляет 300...400 °С, диапазон выходного напряжения – 0,01...1,0 В.

Механизм возникновения напряжения в чувствительном циркониевом элементе кислородного датчика представляет собой сумму сложных для описания электрохимических реакций на границе Pt/ $ZrO_2$ /Pt твердого электролита элемента. Сущность процесса заключается в том, что за счет разного парциального давления  $O_2$  в атмосфере и в ОГ его ионы перемещаются и создают разность потенциалов.

Соединение наконечника 1 датчика и металлического корпуса 3 выполнено строго герметичным во избежание попадания ОГ во внутреннюю полость датчика, сообщающуюся с атмосферой.

Внешний электрод 16  $\lambda$ -зонда находится в полости 15 атмосферного воздуха с постоянным парциальным давлением кислорода, а внутренний электрод 13, омываемый потоком ОГ, – в выпускной системе с изменяющимся давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внутреннем и внешнем электродах, обуславливает появление между ними разности электрических потенциалов.

Обе стороны керамического наконечника 1 датчика покрыты тонким пористым слоем платины. Ионы



**Рис. 3.** Схема ячейки керамического наконечника λ-зонда с элементами нанотехнологии

кислорода проходят через пористый элемент и оставляют электрический заряд на слое платины.

Активными элементами λ-зонда служат анионный твердый электролит, стабилизированный  $ZrO_2$ , и электроды 13 и 16 с пористой структурой. Металлический корпус заземлен на массу выпускного трубопровода, а внутренний электрод 13 с помощью электропроводки выведен на ЭБУ.

Чувствительный элемент λ-зонда обладает способностью вырабатывать электродвижущую силу (ЭДС) при двухстороннем контакте со средами, насыщенными ионами кислорода различной концентрации. Подобное свойство оксида циркония используется в λ-зонде для определения концентрации кислорода в ОГ двигателя. Датчик действует по принципу гальванического элемента с твердым электролитом в виде керамики из диоксида циркония. Керамика легирована оксидом иттрия, а поверх нее нанесены токопроводящие пористые платиновые электроды.

В корпусе датчика находится чувствительный элемент из оксида циркония. В зависимости от концентрации кислорода в ОГ датчик генерирует выходное напряжение, изменяющееся в диапазоне от 0,1 до 0,95 В. Для повышения чувствительности λ-зонда при пониженных температурах и после запуска холодного двигателя используют принудительный подогрев. Эффективное измерение остаточного кислорода в ОГ λ-зонд обеспечивает после разогрева до температуры

285...300 °С. В таких условиях циркониевый электролит приобретает проводимость, а разница в количестве атмосферного кислорода и кислорода во впускном трубопроводе ведет к появлению на электродах λ-зонда выходного напряжения.

При пуске и прогреве холодного двигателя управление впрыском топлива осуществляется без участия λ-зонда, а коррекция состава топливовоздушной смеси осуществляется по сигналам других датчиков (положения дроссельной заслонки, температуры охлаждающей жидкости, числа оборотов КВ). Особенностью циркониевого λ-зонда является то, что при малых отклонениях состава смеси от идеального ( $0,98 < I < 1,02$ ) напряжение на его выходе изменяется скачком в интервале 0,1...0,95 В.

Измерительный элемент имеет напыление платины с внутренней и внешней сторон. Твердый электролит (керамика) – из смеси диоксида циркония  $ZrO_2$  и оксида иттрия  $Y_2O_3$ . Наконечник изготовлен на основе диоксида циркония с напылением платины на внутреннюю и наружную поверхности. Гальванический источник тока изменяет напряжение в зависимости от температуры и наличия кислорода в атмосфере и ОГ, обеспечивая на выходе датчика соответствующий сигнал в виде напряжения. Керамика легирована оксидом иттрия, а поверх нее напылены токопроводящие пористые электроды из платины. Для равномерного распределения платины и иттрия вдоль сотовой структуры наконечника (рис. 3) при его



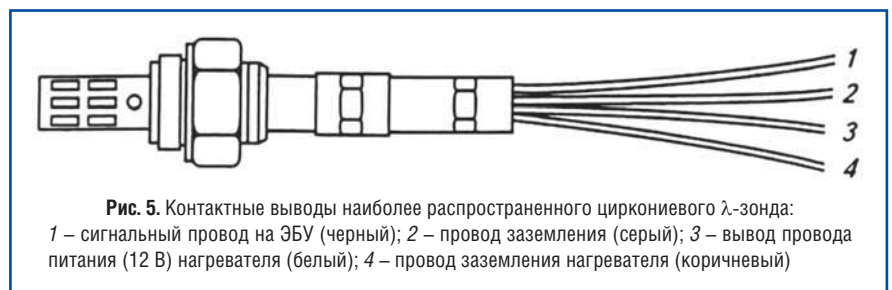
**Рис. 4.** Общий вид кислородного датчика в сборе

изготовлении была применена современная нанотехнология.

Кислородный датчик (рис. 4) содержит λ-зонд и электрический разъем, соединенные между электрической проводкой. Цветовая маркировка выводов λ-зонда может различаться, но сигнальный провод всегда будет иметь темный цвет (обычно – черный). Массовый провод может быть белым, серым или желтым.

Основные элементы датчика кислорода изготовлены из жаростойких материалов, так как его рабочая температура может достигать 950 °С. Выходящие провода λ-зонда имеют термостойкую изоляцию. Датчик кислорода без нагревания устанавливается в выпускном трубопроводе ближе к двигателю, а с нагревательным элементом – перед нейтрализатором. Схема подключения кислородного датчика нейтрализатора приведена на рис. 5.

Схема подключения λ-зонда содержит сигнальный провод 1 (черный), соединенный с ЭБУ, провод заземления 2 (серый) датчика, провод питания 3 (белый) нагревателя 12 В и провод заземления 4 нагревателя (коричневый). Нагревательный элемент



**Рис. 5.** Контактные выводы наиболее распространенного циркониевого λ-зонда: 1 – сигнальный провод на ЭБУ (черный); 2 – провод заземления (серый); 3 – вывод провода питания (12 В) нагревателя (белый); 4 – провод заземления нагревателя (коричневый)

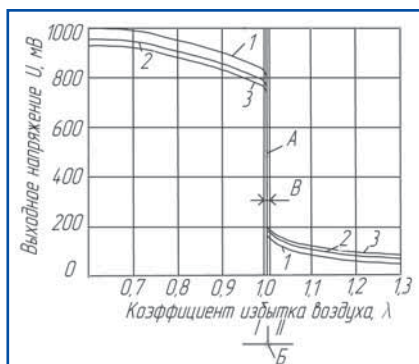
подключается к электросети автомобиля через контактный вывод 3 питания.

Датчики без нагревателя могут иметь один или два сигнальных провода, датчики со встроенным электрическим нагревателем – три или четыре провода. Как правило, провода светлых цветов относятся к нагревателю, а темных – к сигнальному проводу.

Сходные по конструкции циркониевые датчики  $\lambda$ -зонда взаимозаменяемы. В эксплуатации возможна замена неподогреваемых датчиков на подогреваемые, но не наоборот. Технологически могут возникнуть проблемы несовместимости разъемов и отсутствия в автомобиле цепи питания для нагревателя  $\lambda$ -зонда. Недостающие провода можно проложить самостоятельно, а вместо разъема использовать стандартные автомобильные контакты.

Датчик  $\lambda$ -зонда определяет парциальное давление кислорода в ОГ. При сгорании богатой смеси содержание кислорода относительно невысокое, и датчик создает достаточно высокое напряжение 785...1000 мВ. При обеднении смеси парциальное давление кислорода в ОГ сильно увеличивается, напряжение датчика уменьшается до 50...100 мВ. Датчик генерирует напряжение, изменяющееся в диапазоне 50...900 мВ. Выходное напряжение зависит от наличия  $O_2$  в ОГ и температуры чувствительного элемента датчика.

При низком уровне парциального давления кислорода в обогащенной смеси ( $\lambda < 1$ ) датчик генерирует высокое напряжение 700...1000 мВ. При переходе состава смеси через стехиометрическое значение в зоне обедненных смесей ( $\lambda > 1$ ) парциальное давление кислорода в ОГ заметно увеличивается, что приводит к резкому снижению напряжения на выходе датчика 50...100 мВ (рис. 6). Такая характеристика датчика позволяет определить стехиометрический



**Рис. 6.** Триггерный характер зависимости напряжения датчика кислорода от коэффициента избытка воздуха при температуре датчика 500...900 °С:

*A* – условная точка стехиометрического состава ( $U_{\text{вых}} = 0,5$  В при  $\lambda = 1,0$ ); *B* – область регулирования; *I* – обогащение смеси при уменьшении кислорода в ОГ; *II* – обеднение смеси при увеличении кислорода в ОГ; *Б* – условная точка средних показаний ( $U_{\text{вых}} = 0,5$  В при  $\lambda = 1,0$ ); 1 – 900 °С; 2 – 800 °С; 3 – 500 °С

состав смеси с погрешностью не более  $\pm 0,5$  %.

Датчик  $\lambda$ -зонда измеряет остаточное содержание кислорода в ОГ. Выходной сигнал в области обогащенной смеси принимает значения в диапазоне между 900 и 450 мВ и обнаруживает отчетливый скачок при  $\lambda = 1$ . В результате электроника двигателя может распознать переход от богатой смеси к бедной. Высокое содержание кислорода характерно для бедной смеси ( $U = 1,0$  В), а низкое – для богатой.

По мере прогрева датчика сопротивление уменьшается и восстанавливается способность генерирования выходного сигнала. Для эффективной работы датчик должен иметь температуру не ниже 350 °С. Быстрый прогрев датчика после запуска двигателя обеспечивает подогревающий элемент. Включение или выключение подогревателя обеспечивает ЭБУ.

Измерительный элемент, помещенный в поток ОГ, генерирует ЭДС, зависящую от их состава. Вблизи значения  $\lambda = 1$  напряжение зонда очень резко, почти скачком, меняется в пределах примерно 0,1...0,95 В.

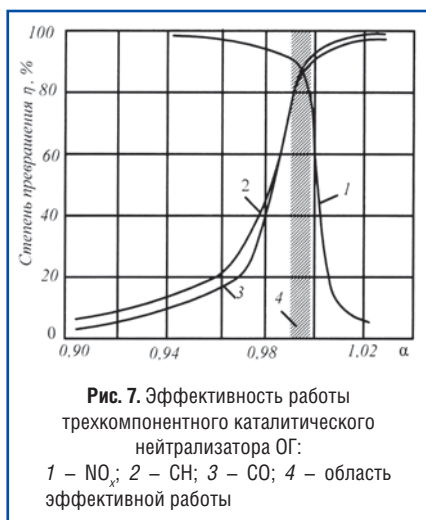
При небольших отклонениях  $\lambda$  от идеального значения напряжение на выходе изменяется скачкообразно. По мере загрязнения датчика изменения уменьшаются. При полностью неисправном датчике напряжение равно 0,4 В.

Зависимость напряжения датчика кислорода от коэффициента избытка воздуха при различной его температуре имеет триггерный характер. ЭДС зонда чрезвычайно резко изменяется вблизи значения  $\lambda = 1,0$  рабочей смеси в цилиндре двигателя, реагируя даже на очень небольшие колебания состава смеси в сторону ее обогащения или обеднения.

Принцип действия датчика заключается в способности керамического элемента пропускать ионы кислорода при минимальной температуре 250 °С. Если содержание кислорода на двух поверхностях датчика значительно отличается, свойства датчика обеспечивают изменение напряжения на его выводе, и смесь корректируется в сторону  $\lambda = 1$ . Ионы кислорода проходят через элемент и оставляют электрический заряд на слое платины. Платиновый слой играет роль электрода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая в результате разности парциальных давлений  $O_2$  на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между электродами.

При сгорании обогащенной горючей смеси в цилиндрах двигателя практически весь содержащийся в продуктах сгорания  $O_2$  поглощается в ходе каталитической реакции. В результате разница концентраций ионов кислорода на наружной и внутренней поверхностях трубки оказывается очень большой и влияет на величину ЭДС чувствительного элемента.

Уровень сигнала может быть низким (0,1...0,2 В) или высоким (0,8...0,95 В). Существуют также



датчика, сигнал на выходе у которых изменяется от 0,1 до 4,9 В. Это изменение сигнала при  $\lambda=1$  позволяет ЭБУ обрабатывать его. Если температура датчика выше 360 °С, то в момент перехода через точку стехиометрии выходной сигнал датчика переключается между низким (100...200 мВ) и высоким (700...800 мВ) уровнями.

При достижении датчиком рабочих температур свыше 300 °С он выдает быстро изменяющееся напряжение в диапазоне 10...1000 мВ. Когда датчик находится в холодном состоянии, он или не выдает напряжения, или выдает медленно изменяющееся напряжение, которое использовать нельзя. В холодном состоянии внутреннее электрическое сопротивление датчика очень высоко.

В ДВС с искровым зажиганием температура ОГ составляет на режиме холостого хода в среднем 285...315 °С, при 50%-ной от номинальной величины нагрузке 530...600 °С, а при полной нагрузке 750...800 °С.

Область эффективной работы катализатора имеет очень узкий диапазон и составляет  $\pm 0,01\lambda$  (рис. 7). Подобная точность может быть обеспечена только с помощью систем питания с электронным (дискретный) впрыском топлива и при использовании в цепи обратной связи  $\lambda$ -зонда.

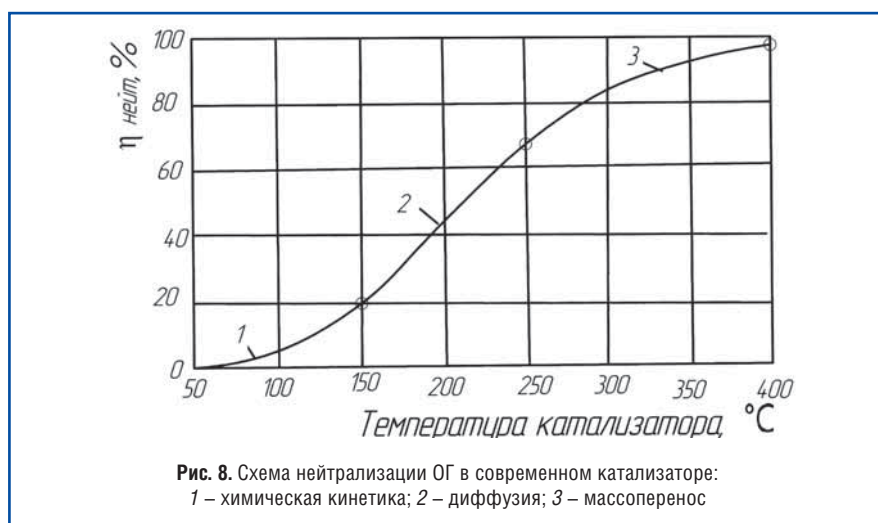
Степень превращения вредных веществ (ВВ) зависит от реакционно-кинетических свойств используемого катализатора. На входе катализатора температура реакции соответствует температуре ОГ, а на выходе заметно увеличивается. В холодном состоянии выходной сигнал датчика отсутствует.

Стартовые качества каталитического нейтрализатора оценивают по времени достижения 50%-ной его активности с момента холодного запуска ДВС. Продолжительность выхода двигателя на рабочий режим составляет 20 с.

Селективность нейтрализатора, характеризующая его способность инициировать определенный химический процесс путем направленного воздействия на отдельные компоненты ОГ, обеспечивает активирование только тех реакций между компонентами ОГ и кислородом, в результате которых получают нетоксичные соединения (рис. 8, таблица).

Приведенная закономерность нейтрализации ОГ имеет ярко выраженные три области – химическая кинетика, диффузия и массоперенос. Диффузионные процессы в меньшей степени влияют на процессы нейтрализации. При низкой температуре скорость химической реакции слабо зависит от диффузии. Каталитический процесс окисления различных компонентов ОГ обусловлен диффузией молекул ОГ к рабочей поверхности катализатора и их окислением на его поверхности.

Сопротивление противодавления ОГ перед нейтрализатором составляет 80 гПа и не более 25 % общего сопротивления выпускной системы. Наблюдение за работой нейтрализатора в течение 1200 ч эксплуатации в разное время года показало, что эффективность очистки газов за указанный период несколько ухудшилась: содержание CO возросло в 1,05...1,14; NO<sub>x</sub> – в 1,14...1,15; CH – в 1,44...1,31; твердых частиц – в 2,49...2,50 раза. После промывки каталитических блоков в



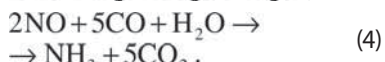
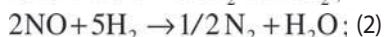
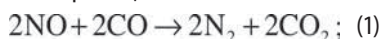
**Содержание вредных веществ в ОГ при применении разработанного  $\lambda$ -зонда**

Вещество	Концентрация, %		Степень очистки, %
	До нейтрализации	После нейтрализации	
CO	0,06	0,01	85
NO <sub>x</sub>	0,002	0,001	95
Альдегиды	0,0144	0,003	98
SO <sub>2</sub>	0,008	0	100

растворе нашатырного спирта и мощном растворе эффективность очистки нейтрализатора восстанавливается на 85...90 %.

Скорость химической реакции определяется диффузией в порах наконечника. В каналах сложной формы формируются различные течения газа. Мелкомасштабное турбулентное перемешивание обуславливает более интенсивный перенос вещества у поверхности. Вблизи поверхности преобладает молекулярный перенос массы.

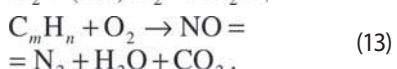
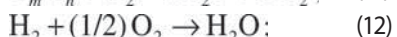
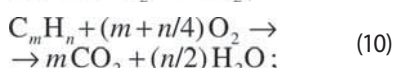
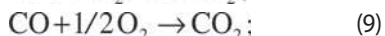
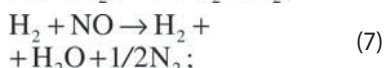
Сущность процессов каталитической нейтрализации заключается во взаимодействии компонентов ОГ между собой или с избыточным  $O_2$ . Восстановление  $NO_x$  оксидом углерода может быть представлено химическими реакциями:



Наличие в ОГ свободного водорода сопровождается протеканием химической реакции



В окислительном катализаторе протекает ряд побочных химических реакций:



Селективность катализатора проявляется в его способности промотировать реакции (1...4), (7), (8) раньше реакции (9). Кроме того, реакции (1) и (3) должны предшествовать (10). Промоторы (от латинского *promovere* – продвигаю) представляют собой

вещества (платина, иттрий), добавление которых в небольших количествах к  $\lambda$ -зонду и катализатору увеличивает их активность и селективность. Активность  $\lambda$ -зонда и катализатора – это отношение скорости накопления продукта реакции к сумме скоростей всех превращений исходного вещества

$$\eta_{OG} = (C_{вх} - C_{вых}) / C_{вх} = \Delta C / C_{вх}, \quad (14)$$

где  $C_{вх}$  – концентрация вредных веществ на входе;  $C_{вых}$  – концентрация вредных веществ на выходе;  $\Delta C = C_{вх} - C_{вых}$  – разность между входящей и выходящей концентрациями.

$$C_{вых} = AC_{ДВС} + (C_{ДВС}) - AC_{ДВС} e^{-l/c}, \quad (15)$$

где  $A$  – величина ОГ, которая не подвергается нейтрализации;  $C_{ДВС}$  – концентрация нейтразуемого вредного компонента ДВС;  $l/c$  – величина, характеризующая каталитическую поверхность;  $l$  – длина канала;  $t$  – температура каталитической поверхности;  $c$  – активная поверхность.

Внутреннее сопротивление циркониевого датчика тем выше, чем ниже его температура. Поэтому генерирование ЭДС этим датчиком начинается только при прогреве датчика до температуры 300...400 °С. Потенциал на выходе датчика 0,45...0,50 В представляет собой опорное напряжение, подаваемое от входного ЭБУ.

Напряжение и внутреннее сопротивление  $\lambda$ -зонда зависят от температуры. Надежное регулирование возможно при температуре выше 350 °С (необогреваемый  $\lambda$ -зонд) или 200 °С (обогреваемый  $\lambda$ -зонд). В ЭБУ поступают сигналы датчика кислорода, преобразуемые в команду для параметра ЭБУ, обогащающего или обедняющего горючую смесь. Датчик образует двухуровневый сигнал напряжением 0...1000 мВ. Оптимальные значения направляемых в ЭБУ сигналов составляют 50...100 мВ и 850...950 мВ.

На современных европейских автомобилях чаще всего можно увидеть датчики кислорода двух типов. К первому относятся датчики на основе диоксида циркония (циркониевые), ко второму – датчики на основе оксида титана (титановые). В титановых зондах используется свойство оксида титана изменять сопротивление в зависимости от концентрации кислорода. Этому датчику связь с наружным воздухом не требуется, рабочая температура у него значительно выше, чем у циркониевого, – начинается с 500 °С (рис. 9). Привлекает то, что сигнал этого датчика можно сразу, обойдясь без усиления, привязать к используемому в ЭБУ уровню +5 В.

Резкий скачок напряжения выходного сигнала происходит при колебаниях состава смеси, когда его

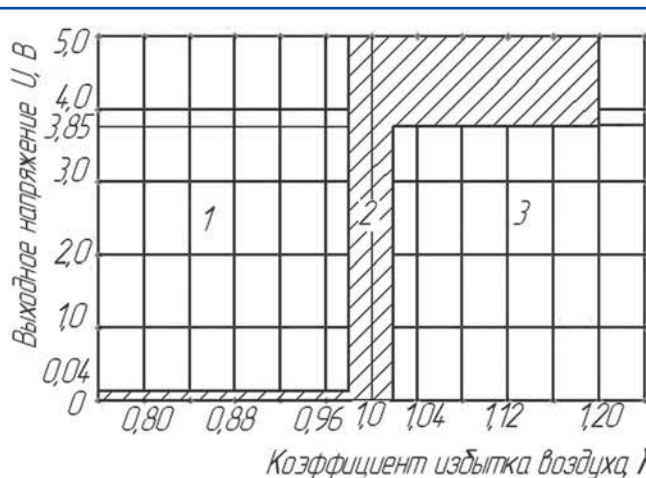


Рис. 9. Характеристика титанового датчика кислорода:

1 – богатая горючая смесь; 2 – область эффективной работы; 3 – бедная горючая смесь



значение достигает стехиометрического. Но в противовес циркониевому датчику у титанового низкий сигнал соответствует богатой смеси, а высокий – бедной. Продолжительность прогрева нейтрализатора не должна превышать 2 мин. Начало регулирования качества смеси зависит от температуры охлаждающей жидкости двигателя. При температуре 20 °С регулирование состава смеси начинается через 2 мин. Скорость химических реакций и последующий выброс ВВ в значительной степени определяются температурным режимом ДВС.

Блок управления двигателя использует кислородный датчик перед катализатором для регулирования соотношения топливо/воздух в цилиндре.

Система постоянного  $\lambda$ -регулирования рассчитывает коэффициент регулирования, исходя из разницы между заданным значением и значением, измеренным  $\lambda$ -сигналом широкополосного датчика перед катализатором. Сигнал данного коэффициента регулирования модулируется также вынужденной амплитудой прямоугольной формы. В результате могут быть обеспечены оптимальная работа катализатора в зоне преобразования и динамическая проверка  $\lambda$ -зонда перед катализатором. При регулировании учитываются также воздействия, зависящие от рабочей точки двигателя. Коэффициент регулирования учитывается системой предварительной подготовки смеси при расчете количества подаваемого топлива.

$\lambda$ -зонд измеряет разность концентрации кислорода в окружающем воздухе и потоке ОГ. Выходной сигнал зонда представляет собой непосредственно величину коэффициента избытка воздуха в ОГ. Посредством обогрева зонда выполняется анализ коэффициента избытка воздуха при температуре ОГ 150 °С. Широкополосный  $\lambda$ -зонд LSU4.9 плавно измеряет

соотношение масс воздуха, начиная от значения  $\lambda=0,65$ . Это возможно, поскольку линейно протекающий ток накачки служит показателем для блока управления. Широкополосный зонд (рис. 10) [2] оснащен двумя ячейками: ячейкой накачки 8 и сенсорной ячейкой (концентрационный элемент Нернста) 7. С помощью тока накачки в измерительную камеру накачиваются ионы кислорода, создавая при этом напряжение 450 мВ между электродами в основном воздушном канале и измерительной камере. Ток накачки является показателем для значения  $\lambda$ .

Температура 80 °С в ДВС достигается через 1 мин после его пуска. По содержанию остатка  $O_2$  в ОГ датчик определяет  $\lambda$ , информирует ЭБУ и рассчитывает продолжительность открытия ЭМФ, обеспечивая в следующем рабочем цикле близкий к стехиометрическому состав горючей смеси  $\lambda=0,97...1,03$ . Нормальная работа таких датчиков в значительной мере зависит от температуры. ЭБУ

подает напряжение на нагреватель до момента, когда датчик начинает генерировать быстроменяющееся напряжение рабочего режима.

После прогрева датчика до рабочей температуры между электродами Pt/ZrO<sub>2</sub>/Pt возникает напряжение, величина которого определяется разностью содержания кислорода в ОГ двигателя (0,1...2,0 %) и наружном воздухе (21 %).

Датчик кислорода представляет собой надежный электрохимический прибор. Его задача состоит в определении остатков кислорода в ОГ. Показания датчика используют для корректировки подачи топлива.

Электрохимическая реакция в датчике, сопровождающаяся появлением тока, может быть представлена зависимостью

$$I = C \cdot \frac{D_{O_2}}{T} \cdot \frac{pS}{I} \cdot \ln\left(\frac{I}{1-(p_o/p)}\right), \quad (16)$$

где  $I$  – ток, протекающий через чувствительный элемент;  $C$  – постоянная величина;  $D_{O_2}$  – коэффициент

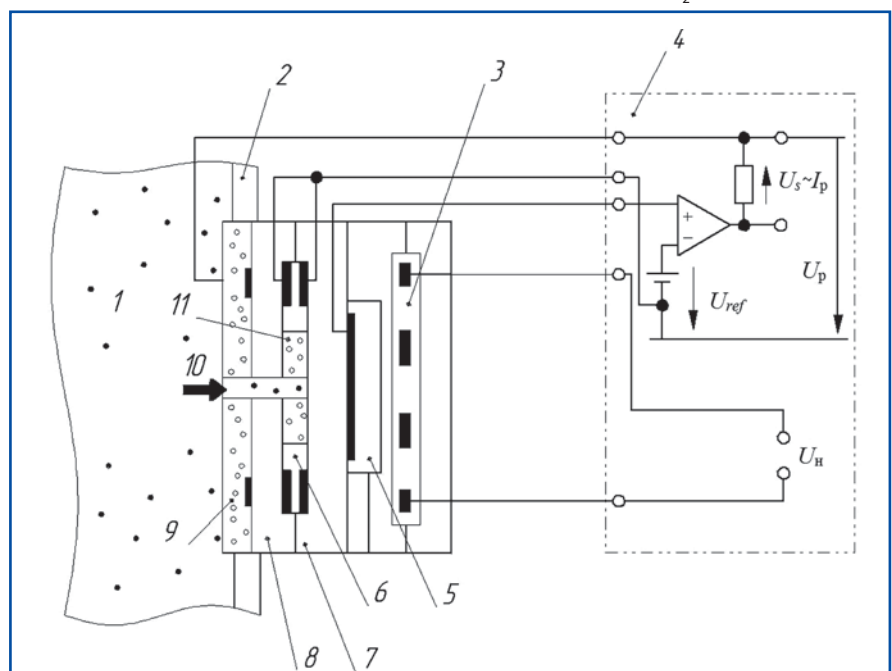


Рис. 10. Широкополосный  $\lambda$ -зонд:

1 – отработавшие газы; 2 – выпускной трубопровод; 3 – нагреватель; 4 – электронная плата регулировки; 5 – основная ячейка с воздушным каналом; 6 – диффузионная щель; 7 – концентрационный элемент Нернста; 8 – ячейка накачки кислорода с внутренними и внешними электродами накачки; 9 – пористый защитный слой; 10 – отверстие для подачи газа; 11 – пористый диффузионный барьер;  $I_p$  – регулируемый ток накачки;  $U_p$  – регулируемое напряжение накачки;  $U_n$  – напряжение нагрева;  $U_{ref}$  – опорное напряжение 450 мВ  $\lambda=1,0$ ;  $U_s$  – напряжение датчика

диффузии слоя;  $T$  – абсолютная температура;  $p_0$  – парциальное давление кислорода у атмосферного электрода;  $p$  – абсолютное давление;  $S$  – площадь поверхности электродов;  $l$  – глубина диффузионного слоя.

Диффузионный слой состоит из молекул, радиус пор которых составляет  $(100 \dots 1000)A > 1$ . Этот слой ограничивает молекулярную диффузию, вызываемую парциальным давлением кислорода.

Чем больше концентрация кислорода в ОГ, тем меньше выходное напряжение на кислородном датчике. Зависимость выходного напряжения кислородного датчика от разницы содержания кислорода в ОГ и атмосфере описывается формулой

$$U = \left( \frac{RT}{4F} \right) \ln \left( \frac{P_{O_2}^{атм}}{P_{O_2}^{ОГ}} \right), \quad (17)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $F$  – постоянная Фарадея;  $P_{O_2}^{атм}$  – парциальное давление кислорода в атмосфере, Па;  $P_{O_2}^{ОГ}$  – парциальное давление кислорода в ОГ, Па.

Управление по сигналу  $\lambda$ -зонда сопровождается периодическим изменением состава горючей смеси, причем колебания этой величины относительно  $\lambda=1$  не превышают  $\pm 0,03$ . Колебания  $\lambda$  и инерционность системы на переходных режимах приводят к тому, что реальная величина коэффициентов преобразования составляет 90 %. Основной  $\lambda$ -зонд начинает работать при  $t=300$  °С, поэтому для ускорения применяют его электрический подогрев.

Температура активации находится в пределах 250...350 °С. Продолжительность разогрева достигает нескольких минут и зависит от типа автомобиля (рис. 11). Холодный катализатор практически не обеспечивает эффективность химических реакций.

В данной работе предложена технология подогрева катализатора с мощным электрическим сопротивлением. Мощность подогревателя

составляет от 0,5 до 2...4 кВт в зависимости от величины сопротивления от 0,05 до 0,35 Ом. Элемент в 1,5 кВт разогревает катализатор до 400 °С за 10 с. В современных системах применяют цеолитовую ловушку СН, задерживающую углеводороды при пуске и после прогрева до 220 °С направляющую их на нейтрализацию. В качестве контрольной величины применяют увеличение противодействия ОГ со стороны нейтрализатора (не более 25 % от первоначального значения).

При изменении содержания кислорода в отработавших газах кислородные датчики на основе диоксида титана ( $TiO_2$ ) изменяют свое объемное сопротивление. Датчики конструктивно сложны и дороже циркониевых.  $\lambda$ -зонды применяют в некоторых автомобилях (Nissan, BMW, Jaguar). Однако широкого распространения они не получили.

Титановый датчик изменяет свое сопротивление скачкообразно от менее 1 кОм (при богатой смеси) до более 20 кОм (при обедненной смеси). Такие датчики выпускаются обычно пленочного типа, причем пленка из  $TiO_2$  может быть выполнена путем напыления диэлектрика и может наноситься непосредственно на электрод, а также на керамику.

Титановые датчики на практике применяются реже и представляют собой резисторы, сопротивление

которых изменяется в зависимости от температуры и наличия  $O_2$  в окружающей среде. Кислород, содержащийся в ОГ, реагирует с датчиком, создавая разность потенциалов на его выходе. Она изменяется от 0,1 В (высокое содержание  $O_2$  – бедная смесь) до 0,9 В (малое содержание кислорода – богатая смесь). Генерировать ЭДС датчики на основе  $TiO_2$  не могут.

Чувствительным элементом титановых датчиков являются преобразователи резистивного типа, то есть их проводимость изменяется вследствие физико-химического взаимодействия с кислородом ОГ. Эти датчики основаны на принципе изменения проводимости диоксида титана.

Питание нагревательного элемента подается из системы электропитания автомобиля при включенном зажигании в виде стабильного напряжения 450 мВ с очень малым током. Холодное состояние датчика не выдает напряжения. По мере подогрева датчика обеспечивается быстрое изменение напряжения, перекрывающее стабильное опорное напряжение ЭБУ.

$TiO_2$  является полупроводником, электрическая проводимость которого зависит от парциального давления кислорода в газовой смеси и от ее температуры. При комнатной температуре сопротивление  $TiO_2$  очень велико. При повышении температуры кислород из  $TiO_2$  переходит из

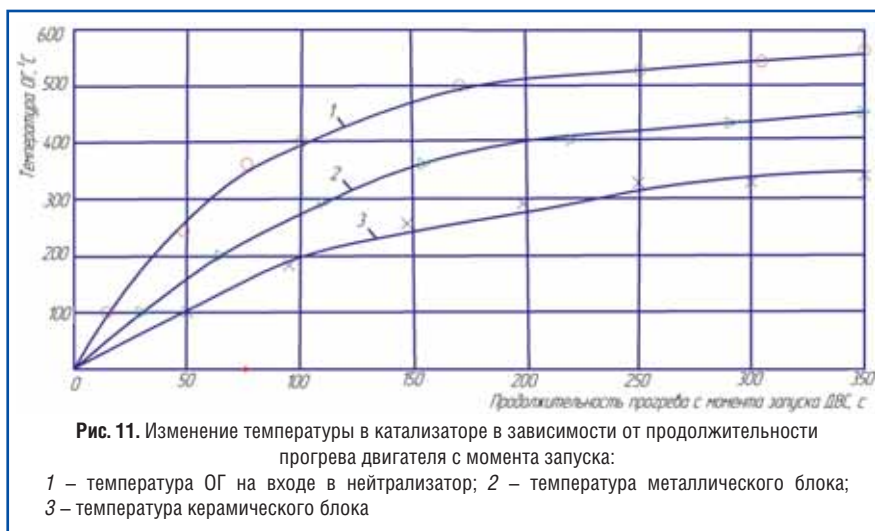


Рис. 11. Изменение температуры в катализаторе в зависимости от продолжительности прогрева двигателя с момента запуска

1 – температура ОГ на входе в нейтрализатор; 2 – температура металлического блока; 3 – температура керамического блока

твердой в газовую фазу, в результате диоксид титана получает *n*-проводимость. Зависимость сопротивления  $\rho$  диоксида титана от парциального давления кислорода и температуры дает уравнение [3]

$$\rho = A p_{O_2}^{1/n} e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (18)$$

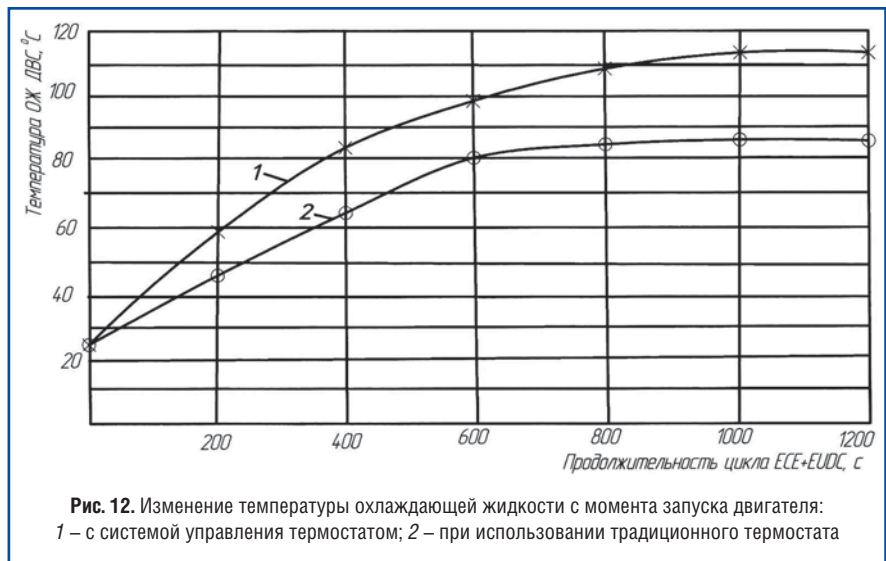
где  $A$  – постоянный коэффициент;  $E$  – энергия активации;  $n$  – показатель изменения парциального давления кислорода в широком диапазоне, близкий к 4.

При термодинамическом равновесии, когда состав смеси приближается к стехиометрическому, парциальное давление кислорода в ОГ очень резко уменьшается, в результате чего при переходе от бедной рабочей смеси к богатой происходит сильное падение электрического сопротивления  $TiO_2$ .

Обеспечение рабочей температуры таких датчиков осуществляют путем нагревания электрическим током вольфрамовой пленки на изоляционном элементе, которая защищена слоем глинозема ( $Al_2O_3$ ). Мощность датчика нагревателя составляет 8 Вт. Чувствительные элементы современных титановых кислородных датчиков представляют собой многослойную изоляционную подложку из глинозема, между слоями которой располагаются элементы из диоксида титана  $TiO_2$ .

Титановые датчики обладают высокими чувствительностью к содержанию кислорода в ОГ и подвижностью дефектов кристаллической решетки, играющей основную роль в механизме взаимодействия чувствительного элемента с кислородом, значительной пористостью  $TiO_2$  и отличными каталитическими свойствами. Недостатком таких датчиков является сравнительно большой коэффициент термического сопротивления.

Сигнал от датчика (при отсутствии  $O_2$  – 800 мВ, при 1,5%  $O_2$  – 0 мВ) поступает в электронный блок управления, где он преобразуется во вторичный сигнал.  $\lambda$ -зонд начинает работать при температуре около 300 °С, а наиболее



эффективная работа происходит при 850...900 °С. При температуре выше 900 °С даже кратковременная работа может вызвать начало разрушения защитного слоя электродов. Изменение температуры охлаждающей жидкости ДВС с момента его запуска приведено на рис. 12.

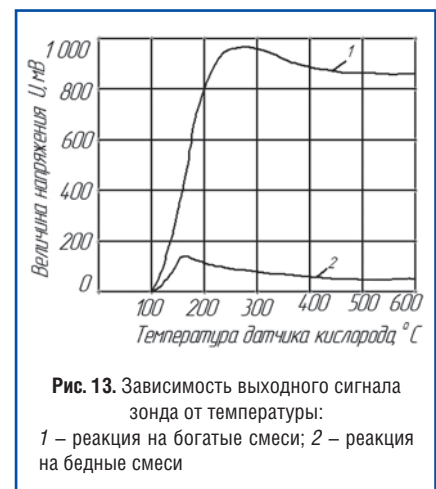
Реакции на богатые и бедные смеси различаются очень сильно (рис. 13), но при падении температуры ниже 300 °С разница постепенно уменьшается – эта зона уже нерабочая.

Чувствительный элемент датчика кислорода находится в потоке ОГ. Для работы  $\lambda$ -зонда этот элемент датчика должен иметь температуру более 150 °С. Включение подогревателя обеспечивает реле электробензонасоса. На вход  $\lambda$ -зонда ЭБУ подает опорное напряжение 0,45 В. При достижении рабочей температуры сигнал с ДК изменяется в пределах 0,1...0,8 В в зависимости от состава ОГ. Отсутствие  $O_2$  в ОГ (результат сгорания богатой смеси) вызывает появление на выводах напряжения низкого уровня 0,1...0,2 В.

Циркониевый элемент становится токопроводящим для ионов кислорода, начиная с температуры 300 °С. Диоксид циркония при высокой температуре приобретает свойство электролита, а датчик становится гальваническим элементом.

ЭБУ начинает работать по усредненным параметрам, записанным в его памяти. В результате появится повышенный расход топлива, неустойчивая работа двигателя на холостом ходу, увеличение содержания CO в ОГ, снижение динамических характеристик, но машина при этом остается на ходу.

При сгоревшем или отключенном  $\lambda$ -зонде содержание CO в ОГ возрастет на порядок – от 0,1...0,3 до 3...7% – и уменьшить его не всегда удастся, так как запаса хода винта может не хватить. В автомобилях, система коррекции которых имеет два кислородных датчика, распознавание отказа имеет сложный характер. В случае отказа второго  $\lambda$ -зонда или нарушения герметичности секции катализатора добиться нормальной работы двигателя практически невозможно.



Титановые  $\lambda$ -зонды от циркониевых легко отличить по цвету наконечного вывода подогревателя – он всегда красный. При замене трехконтактного  $\lambda$ -зонда на четырехконтактный необходимо надежно соединить с корпусом автомобиля провод заземления подогревателя и сигнальный «минус», а подогреваемый провод датчика через реле и предохранитель необходимо подключить к «плюсу» аккумулятора.

Датчик  $\lambda$ -зонда – наиболее уязвимый элемент автомобиля с системой впрыска. Плохое состояние маслосъемных колец, попадание антифриза в цилиндры и выпускные трубопроводы, обогащенная топливно-воздушная смесь, сбой в системе зажигания сильно сокращают срок его службы. Применение этилированного бензина категорически недопустимо – свинец «отравляет» платиновые электроды  $\lambda$ -зонда за несколько бесконтрольных заправок. Перегрев или плохие контакты в электропроводке также отрицательно сказываются на его долговечности. Срок службы кислородного датчика составляет 60...80 тыс. км, а каталитического нейтрализатора – 150 тыс. км.

Датчик, установленный перед катализатором, измеряет содержание кислорода в ОГ даже при удалении катализатора. Он будет продолжать измерять параметры как при наличии, так и при отсутствии катализатора и не будет влиять на сигналы  $\lambda$ -зонда. На показатели влияет только количество кислорода в ОГ.

Современные конструкции  $\lambda$ -зондов отличаются резьбовой частью, наличием подогрева, числом проводов и соединительным разъемом. Если у датчика три провода и резьба 18x1,5 мм, то он является полностью заменяемым.

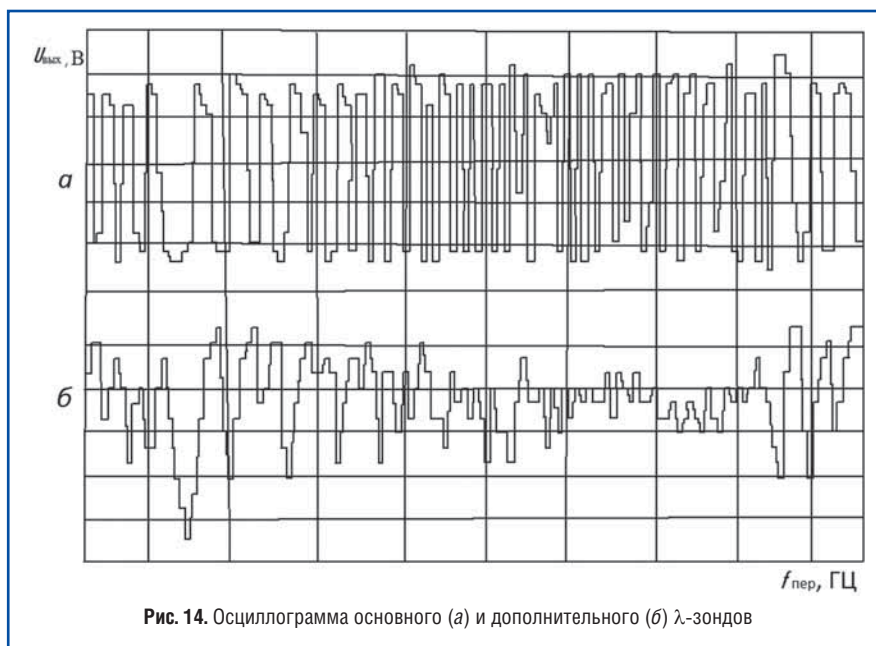


Рис. 14. Осциллограмма основного (а) и дополнительного (б)  $\lambda$ -зондов

Предложена технология контроля датчика кислорода в эксплуатации при достижении им рабочей температуры ( $350 \pm 50$  °С) с использованием газоанализатора, осциллографа (рис. 14), цифрового вольтметра и омметра.

Неисправности кислородного датчика сопровождаются потерей приемистости двигателя и ухудшением его динамики. Одновременно наблюдается повышенный расход топлива, неустойчивая работа двигателя на малых оборотах, сопровождающаяся горением или миганием контрольной лампы (CheckEngine) при установившемся режиме двигателя. Работоспособность  $\lambda$ -зонда проверяют с помощью осциллографа или  $\lambda$ -тестером. Подобный метод встречается редко на отечественных автосервисных предприятиях, но он более точен при диагностировании кислородного датчика.

Таким образом, разработан метод расчета и выбора основных параметров кислородного датчика, обеспечивающего высокую точность приготовления горючей смеси и контроля эффективности работы каталитического нейтрализатора. Предложенная конструкция датчика кислорода

обладает высоким уровнем технических решений.

Основные контролируемые параметры разработанного  $\lambda$ -зонда: при значении  $\lambda=0,9$  (обогащенная горючая смесь) напряжение на сигнальном выводе должно быть не менее 0,65 В; при значении  $\lambda=1,1$  (обедненная горючая смесь) напряжение на сигнальном выводе должно быть не менее 0,25 В; продолжительность срабатывания при обедненной горючей смеси – не более 250 мс; продолжительность срабатывания при обогащенной смеси – не более 450 мс; сопротивление при температуре  $350 \pm 50$  °С – не более 10 кОм.

## Литература

1. **Ерохов В.И.** Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика), учеб. для вузов. – М.: Горячая линия, 2011. – 567 с.
2. Двигатели на природном газе с блоком управления EGCA. Электрооборудование. Фирма MAN Truck Bus Aktiengesellschaft, 2011. – 166 с.
3. **Лещенко В.П.** Кислородные датчики. – М.: Легион-Автодата, 2003. – 112 с.

# Требования к автомобильному бензину и его влияние на отказы современных двигателей

**А.А. Хазиев**, доцент, руководитель испытательной лаборатории МАДИ, к.т.н.

В статье представлены требования к автомобильному бензину, анализ результатов лабораторных испытаний автомобильного бензина, проведенных в лаборатории «МАДИ-ХИМ», состояние качества бензина в Московском регионе и его влияние на отказы современных двигателей.

**Ключевые слова:** автомобильный бензин, двигатели, отказы.

**Ч**исло колесных транспортных средств (КТС) в РФ неуклонно растет. Только за 2012 г. в России было реализовано 2,9 млн новых легковых машин и легких коммерческих автомобилей, что на 10,7 % превосходит результат годичной давности. По состоянию на 1 января 2013 г. в России насчитывалось 50,5 млн транспортных средств, в том числе 38,7 млн легковых автомобилей, 5,7 млн грузовых и 924,5 тыс. автобусов [1].

## Совершенствование конструкции автомобильных двигателей

Прослеживаются определенные тенденции, характерные для легковых автомобилей, – совершенствование конструкции, улучшение экономических и экологических показателей двигателей и автомобилей в целом, повышение динамических характеристик колесных транспортных средств.

Внедрение в конструкцию силовых агрегатов современных разработок и технических решений (непосредственный впрыск, изменяемые фазы газораспределения, система рециркуляции отработавших газов, применение впускных

трубопроводов с изменяемой геометрией, наддув, самодиагностика, система нейтрализации отработавших газов и т.д.) позволяет минимизировать расход топлива и уменьшить концентрацию вредных веществ в отработавших газах. Не случайно в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 12.10.2005 г. № 609 (последующие редакции – Постановления Правительства РФ от 27.11.2006 г. № 718, от 26.11.2009 г. № 956, от 08.12.2010 г. № 1002, от 20.01.2012 г. № 2) выбросы автомобильной техники, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации с 1.01.2010 г., должны удовлетворять экологическому классу 4.

## Требования к качеству автомобильного бензина

В целях снижения вредного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду в РФ установлены обязательные требования к качеству моторного топлива, которые изложены в техническом регламенте Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР

ТС 013/2011), который утвержден решением комиссии Таможенного союза № 826 от 18.10.2011 г. [2].

Техническим регламентом установлены обязательные требования к качеству топлив, выпускаемых в оборот на территории Российской Федерации и Таможенного союза, и процедурам оценки их соответствия (таблица). В этом документе в первую очередь нормированы показатели качества топлив, характеризующие безопасность жизнедеятельности человека и окружающей среды. Не допускается применение в автомобильном бензине металлосодержащих присадок на основе марганца, свинца и железа. В зависимости от содержания потенциально вредных веществ установлены четыре экологических класса топлива, а также сроки поступления их в оборот:

- класс К3 – до 31 декабря 2014 г.;
- класс К4 – до 31 декабря 2015 г.;
- класс К5 – срок не ограничен.

Обращение автомобильного бензина экологического класса К2 на единой таможенной территории Таможенного союза не допускается.

Для снижения объема вредных выбросов в атмосферу в техническом регламенте жестко нормирован

углеводородный состав автомобильных бензинов и содержание серы. С экологической точки зрения наиболее нежелательным является присутствие в бензине соединений серы и ароматических углеводородов. Сераорганические соединения сгорают с образованием оксидов серы  $SO_2$ ,  $SO_3$ , которые при взаимодействии с влагой, содержащейся в воздухе и выделяющейся при сгорании бензина [3], образуют сернистую ( $H_2SO_3$ ) и серную ( $H_2SO_4$ ) кислоты. Введение ограничения по содержанию ароматических углеводородов связано с тем, что от них зависит количество твердых частиц и несгоревших углеводородов в отработавших газах.

На этапах производства нефтепродуктов их качество проверяют на соответствие не только требованиям технического регламента, но и требованиям нормативного документа, по которому топливо было произведено. В настоящее время действует ряд национальных стандартов, регламентирующих качество автомобильного бензина:

- ГОСТ Р 51105–97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия» устанавливает требования к автомобильным бензинам Нормаль-80, Регуляр-92, соответствующих нормам К3, К4, К5.
- ГОСТ Р 51866–2002 (ЕН 228–99) «Топлива моторные. Бензин неэти-

лированный. Технические условия» введен в действие 01.07.2002 г. и устанавливает требования к автомобильным бензинам Премиум Евро-95, Супер Евро-98, соответствующих нормам К3, К4, К5.

В связи с тем, что федеральным законом «О техническом регулировании» установлен принцип добровольного применения национальных стандартов, на нефтеперерабатывающих заводах при производстве автомобильных топлив придерживаются в основном требований собственных технических условий. В настоящее время известно о наличии более 100 нормативных документов на изготовление автомобильного бензина [4].

### Требования к характеристикам автомобильного бензина

(Приложение 2 к техническому регламенту Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту»)

Характеристики автомобильного бензина	Нормы в отношении экологического класса			
	К2	К3	К4	К5
Массовая доля серы, не более, мг/кг	500	150	50	10
Объемная доля бензола, не более, %	5	1	1	1
Массовая доля кислорода, не более, %	Не определяется	2,7	2,7	2,7
Объемная доля углеводородов, не более, % ароматических олефиновых	Не определяется	42	35	35
	Не определяется	18	18	18
Октановое число, не менее по исследовательскому методу по моторному методу	80	80	80	80
	76	76	76	76
Давление насыщенных паров, кПа в летний период в зимний период	35...80	35...80	35...80	35...80
	35...100	35...100	35...100	35...100
Концентрация, не более, мг/дм <sup>3</sup> железа марганца свинца*	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
	5	5	5	5
Объемная доля монометиланилина, не более, %	1,3	1,0	1,0	Отсутствие
Объемная доля оксигенатов, не более, % метанола** этанола изопропанола третбуанола изобутанола эфиров, содержащих 5 и более атомов углерода в молекуле других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210 °С)	Не определяется	1	1	1
	Не определяется	5	5	5
	Не определяется	10	10	10
	Не определяется	7	7	7
	Не определяется	10	10	10
	Не определяется	15	15	15
	Не определяется	10	10	10
	Не определяется	10	10	10

\* Для Российской Федерации для экологических классов К2, К3, К4 и К5 отсутствие.

\*\* Для Российской Федерации для экологических классов К3, К4 и К5 отсутствие.

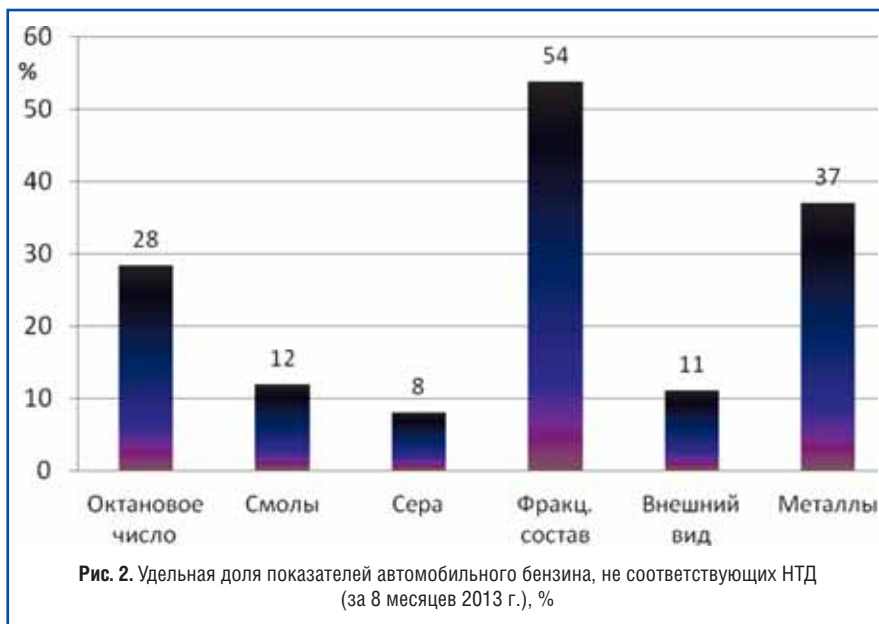


Таким образом, новые автомобили, ввозимые в РФ, производимые на территории России и соответствующие строгим экологическим классам 4 и 5, эксплуатируются в настоящее время в большей степени на топливе экологического класса 3, препятствующем обеспечению заявленных экологических характеристик КТС и, зачастую, снижающем надежность автомобильных двигателей.

Наличие большого числа нормативных документов, регламентирующих качество автомобильного

бензина, тем не менее, не позволяет владельцам автомобилей чувствовать себя и содержать свои транспортные средства в безопасности. До последнего времени заправка топливом в России напоминает русскую рулетку, причем нередко с более высокой результативностью.

По данным Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, автомобильное топливо не соответствует нормативно-технической документации (НТД) на 40-45 % автозаправочных станций.



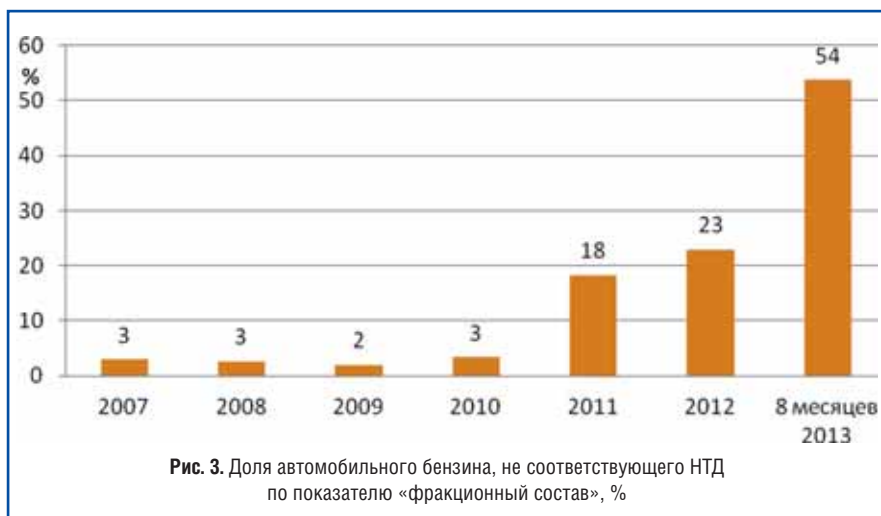
По словам руководителя агентства Григория Элькина, в 2011 г. в ходе проверки 560 АЗС нарушения технического регламента были выявлены на 232 заправочных комплексах [5]. Проверки позволили установить, что октановое число топлива на АЗС почти в половине случаев оказывается ниже заявленного. Как следствие – происходят отказы двигателей автомобилей еще на гарантийном пробеге.

Цифры, приведенные в докладе руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, находят свое подтверждение и в деятельности лабораторий по испытанию нефтепродуктов. Так, по данным испытательной лаборатории МАДИ-ХИМ<sup>1</sup>, в последнее время наблюдается устойчивая тенденция ухудшения качества автомобильного бензина. За восемь месяцев 2013 г. 76 % образцов автомобильного бензина, поступивших на испытания в лабораторию, не соответствовали нормативно-технической документации (рис. 1).

Наиболее часто не соответствуют НТД следующие показатели автомобильных бензинов: фракционный состав, концентрация железа и марганца, октановое число по исследовательскому методу, концентрация смол, серы и др. (рис. 2).

Самая большая проблема последнего времени – рост числа образцов автомобильного бензина, не соответствующих НТД по показателю «фракционный состав» (рис. 3).

<sup>1</sup> Испытательная лаборатория МАДИ-ХИМ Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) не занимается мониторингом качества топлива. Приведенные в статье данные – результат обращения юридических и физических лиц, сомневающихся по ряду причин в соответствии автомобильного бензина НТД.



Доля такого бензина достигла в 2013 г. 54 %.

Причем, в большинстве случаев отклонение по фракционному составу связано с наличием в автомобильном бензине тяжелых фракций и превышением нормативной температуры конца кипения.

### Влияние качества автомобильного бензина на отказы двигателей

Температура конца кипения бензина характеризует содержание тяжелых фракций, влияющих на полноту испарения топлива, разжижение масляной пленки в цилиндре двигателя. Высокая температура конца кипения свидетельствует о наличии большого количества тяжелых углеводородов. Поскольку тяжелые углеводороды испаряются не полностью, то, оставаясь в капельно-жидком



**Рис. 4.** Результат использования некачественного бензина

состоянии, они могут проникать через зазоры между цилиндром и поршневыми кольцами в картер двигателя, что приводит к разжижению моторного масла.

Учитывая, что во впрысковых двигателях подогрева воздуха на впуске нет, разбавление масла топливом наиболее остро проявляется в условиях низких температур и неоптимального теплового режима работы двигателя. При этом одновременно идут процессы снижения вязкости смазочного материала, окисления присадок масла, испарения легких фракций бензина из масла, накопления тяжелых углеводородов и низкотемпературного шлама, который образуется в двигателе в условиях низких температур работы силового агрегата при взаимодействии картерных газов, содержащих остатки топлива и воды с маслом.

Результатом этих процессов является ускоренное срабатывание присадок и потеря ресурса моторного масла, проявляющаяся в ухудшении вязкостно-низкотемпературных свойств смазочного материала и приводящая в отдельных случаях к полной потере текучести масла (рис. 4).

Чтобы снизить отрицательное влияние тяжелых углеводородов на

смесеобразование в цилиндрах двигателя в соответствии с введенным с 1.07.2002 г. ГОСТ Р 51866–2002 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Технические условия», температура конца кипения автомобильных бензинов Премиум Евро-95 и Супер Евро-98 снижена до 210 °С по сравнению с температурой конца кипения для бензинов Нормаль-80 и Регуляр-92, равной 215 °С согласно ГОСТ Р 51105–97.

Опыт эксплуатации автотранспортных средств показывает, что отказ свечей зажигания, датчиков концентрации кислорода и каталитических нейтрализаторов может произойти при заправке топливно-



**Рис. 5** Внешний вид свечи зажигания после использования бензина с присадками на основе железа

го бака автомобиля бензином с металлосодержащими присадками на пробеге всего нескольких десятков километров.

Внешний вид свечи зажигания после использования бензина с антидетонаторами на основе соединений железа приведен на рис. 5.

Представленная свеча зажигания имеет платиновое напыление на электродах, большой зазор между электродами (1,4...1,5 мм), предназначена для работы на обедненных топливных смесях и должна обеспечивать полное сгорание топлива. Несмотря на то, что заявленный заводом-изготовителем ресурс свечи



составляет 100 тыс. км, отказала она после одной заправки автомобиля некачественным бензином в Москве.

Признаки наличия присадок на основе железа – отложения на изоляторе и электродах от ярко красного до бурого цвета. Черные дорожки на изоляторе от центрального электрода вниз на корпус – это следы пробоя искры от центрального электрода на массу и свидетельствуют они об отсутствии нормального искрообразования в цилиндрах двигателя.

Нарушение искрообразования приводит к тому, что несгоревшее



**Рис. 6.** Каталитический нейтрализатор, прогоревший в результате использования бензина с большим количеством металлосодержащих присадок

в цилиндрах двигателя топливо попадает в систему нейтрализации отработавших газов автомобиля, где сгорает в присутствии катализатора с выделением  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и большого количества теплоты. Поверхность сот нейтрализатора отработавших газов разогревается до критической температуры выше  $1000^\circ\text{C}$ . Под действием высокой температуры керамические соты нейтрализатора деформируются, плавятся, нарушается их проходимость (рис. 6), их сопротивление возрастает, увеличивается противодавление в системе выпуска двигателя и т.д. В итоге снижается эффективность работы системы нейтрализации, что фиксируется кислородными датчиками. В отдельных случаях частицы керамики разрушенного каталитического



**Рис. 7.** Разрушенный в результате детонации поршень автомобиля (пробег автомобиля 4200 км, октановое число бензина по исследовательскому методу 75)

нейтрализатора за счет увеличения противодавления на выпуске попадают в цилиндры двигателя, вызывая критические износы и задиры цилиндропоршневой группы, коренных и шатунных шеек коленчатого вала, постелей распределительных валов и других деталей.

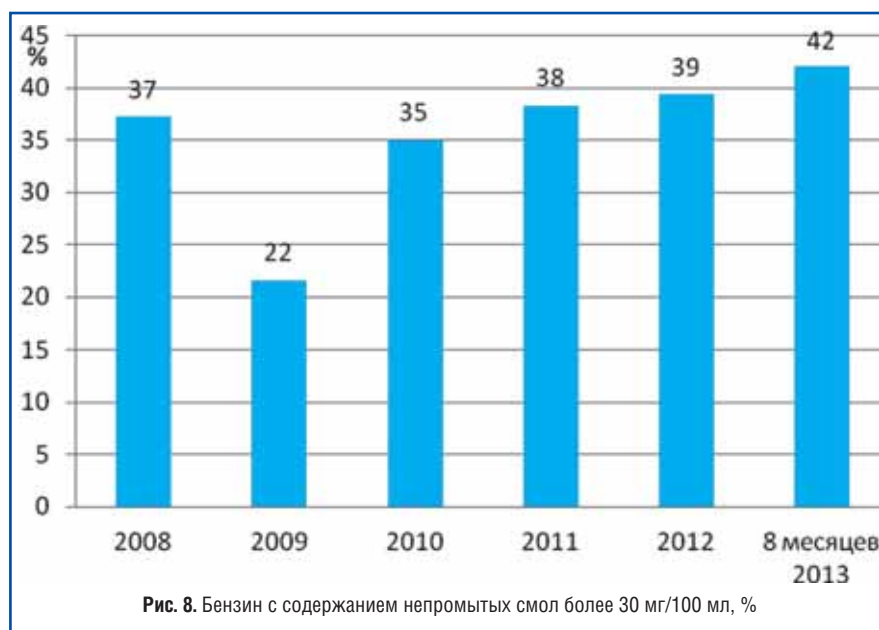
Эксплуатация автомобиля на бензине с более низким октановым числом, чем рекомендуется руководством по эксплуатации, приводит к детонационному сгоранию топлива, что вызывает прогорание огневого пояса поршней и тарелок выпускных клапанов, разрушение поршневых колец и перемычек между ними, растрескивание

вкладышей коленчатого вала и др. (рис. 7).

Доля автомобильного бензина, не соответствующая НТД по показателю «содержание смол», достигала в 2005 г. 84 %. В отдельных образцах бензина концентрация смол превышала нормативное значение 5 мг/100 мл в сотни раз.

В настоящее время этот показатель называется «концентрация смол, промытых растворителем» и соответственно предполагает многократную промывку остатка после выпаривания бензина гептаном. Поэтому зачастую возникают парадоксы: впускные клапаны и камера сгорания двигателя в отложениях и нагаре, нарушается подвижность поршневых колец и впускных клапанов, а концентрация смол, промытых растворителем, практически равна нулю. Косвенно о возможной причине нарушения работоспособности двигателей можно судить по непромытым смолам (рис. 8).

Наличие смол в автомобильном бензине вызывает следующие нежелательные процессы и неисправности в двигателях:



**Рис. 8.** Бензин с содержанием непромытых смол более 30 мг/100 мл, %



Рис. 9. Отложения углеводородов на распылителе форсунки

- сужение проходных сечений впускных трубопроводов;
- нарушение подачи и отказ топливных форсунок (рис. 9);
- нарушение подвижности и зависание впускных клапанов в направляющих втулках (рис. 10), сопровождающиеся потерей компрессии в цилиндрах и поломкой тарелок клапанов (рис. 11);
- нарушение подвижности поршневых колец;
- образование нагара в камере сгорания.

Бортовая система диагностики автомобилей в большинстве случаев не в состоянии выявить отмеченные неисправности, а уменьшение проходных сечений топливных форсунок блок управления двигателем компенсирует увеличением продолжительности времени открытия форсунок.

Эксплуатация автомобиля в этих условиях приводит к резкому



Рис. 10. Деформация стержня впускного клапана в результате удара поршня по зависшему клапану при использовании бензина с высокой концентрацией смол

увеличению выбросов вредных веществ и расхода топлива.

Таким образом, результаты испытаний автомобильного бензина, проведенных в лаборатории «МАДИ-ХИМ», свидетельствуют об обращении некачественного топлива в Московском регионе. По этой причине тысячи автолюбителей ежегодно обращаются на станции сервиса для устранения возникающих неисправностей и ремонта двигателей.

Наиболее часто не соответствуют НТД следующие показатели автомобильных бензинов: фракционный состав, концентрация железа и марганца, октановое число по исследовательскому методу, концентрация смол, серы и др.

Учитывая характер поступления некондиционного бензина в лабораторию и его характеристики, можно предполагать, что произведено оно не на НПЗ, а в условиях малотоннажного производства нефтепродуктов. Причины этого процесса, на наш



Рис. 11. Поломка тарелки впускного клапана в результате использования бензина с высокой концентрацией смол

взгляд, связаны с отсутствием системного контроля за всеми участниками топливного рынка, осуществляющими производство, хранение, транспортировку и реализацию автомобильного бензина.

С учетом свойств и характеристик газомоторного топлива проблемы, освещенные в статье, в меньшей степени актуальны для двигателей, использующих в качестве моторного топлива природный газ и пропан-бутан.

## Литература

1. Официальный сайт ГИБДД МВД России [Электронный ресурс]: Сведения о количестве транспортных средств и прицепов к ним. – М.: ГИБДД МВД России по г. Москве, 2013. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/upload/iblock/278/27879c0d1f880b4b7d8008048db42694.pdf>, свободный, загол. с экрана.
2. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР ТС 013/2011, утвержден Решением Комиссии Таможенного союза № 826 от 18.10.2011 г.). [Электронный ресурс]: – Режим доступа: [http://www.tsouz.ru/KTS/KTS32/Documents/P\\_826\\_1.pdf](http://www.tsouz.ru/KTS/KTS32/Documents/P_826_1.pdf), свободный, загол. с экрана.
3. **Лаушкин А.В.** Причины обводнения моторного масла в эксплуатации / А.В. Лаушкин, А.А. Хазиев // Вестник МАДИ. – 2012. – № 1 (28). – С. 63-67.
4. **Шаталов К.В.** Требования к качеству автомобильного бензина и дизельного топлива / К.В. Шаталов. – Сборник трудов по материалам 70-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ. Секция Проблемы ТЭ и автосервиса ПС АТ. – М.: МАДИ, 2012. – С. 214-221.
5. **Арабов П., Жебит М.** Из бензина испаряется качество [Электронный ресурс]: – Экономика, 10 февраля 2012. – Режим доступа: <http://www.izvestia.ru/news/514922>, свободный, загол. с экрана.

# Автопробег «Голубой коридор – 2013: Ганза»



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

## Rally Blue Corridor – 2013: Hansa

Eugene Pronin



На старте автопробега «Голубой коридор – 2013: Ганза»

### 03.10.2013. Старт

В ветреный день 3 октября 2013 г. в Санкт-Петербурге с многотопливного автозаправочного комплекса Пулковская ОАО «Газпромнефть» стартовал VII пробег автомобилей, работающих на природном газе, «Голубой коридор – 2013: Ганза».

На старте собрались 11 автомобилей различных марок и категорий: автобусы МАН, НЕФАЗ, «Ивеко дейли»; грузовые автомобили – самосвал КАМАЗ, седельный тягач КАМАЗ, фургон Sprinter; коммунальная техника – мусоровозы КАМАЗ и «Ивеко стралис»; легковые – «Фольксвагены» модели «Пассат». Из Твери прибыл газовый мини-ПАГЗ на базе одноосного автомобильного прицепа.

В церемонии старта Автопробега «Голубой коридор – 2013: Ганза» приняли участие представители Санкт-Петербургского Пассажиравтотранса, департамента транспорта городской мэрии, предприятий Группы Газпром («Газпром экспорт»,

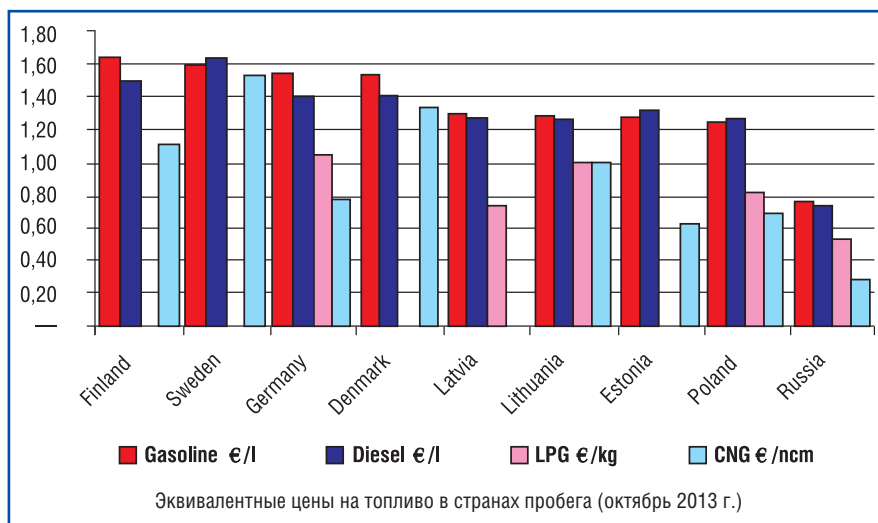
«Газпромнефть альтернативное топливо», «Газпром газомоторное топливо», «Газпром газэнергосеть»), компаний «РариТЭК» и «Меркатор», российских отделений мировых автопроизводителей «Ивеко», «Мерседес/Бенц», «Фольксваген» и ряда других организаций.

Следует особо отметить разницу розничных цен на моторное топливо. Природный газ стоит 12,30 руб./1 м<sup>3</sup> –

в 2,7 раза дешевле, чем дизельное топливо (32,95 руб./1 л). Это ли не повод задуматься над тем, какое моторное топливо должно использоваться в социально значимых секторах российской экономики?

### 04.10.2013. Финляндия

Утром 4 октября 2013 г. колонна автопробега покинула древний Выборг и по отличному шоссе направилась в сторону пограничного перехода «Торфяновка». Легковых автомобилей было не очень много и собственно пересечение границы со всеми формальностями на обеих сторонах заняло примерно один час. Намного дольше – три часа (в том числе 45 минут обеда у финских пограничников) – переползал границу автомобиль КАМАЗ. Его просвечивали рентгеном и российские и финские пограничники.





Российско-финская команда на участке Ваалимаа – Турку

На финской стороне нас ожидали коллеги из компании Gasum Oy. Они присоединились к колонне на двух «Фольксвагенах Пассат» с обновленным внешним видом.

После незначительного «фейслифтинга» вид у машины стал несколько более агрессивным. Это, правда, вопросы вкуса. Но динамические и мощностные характеристики остались по-прежнему отличными.

Рынок КПГ и СПГ для транспорта в Финляндии существует достаточно продолжительное время – более 20 лет, однако все еще находится в начальной фазе развития. В стране на КПГ работают примерно 1400 автомобилей, в том числе 50 автобусов. Заправку осуществляют 20 АГНКС, 16 из которых принадлежат компании Gasum Oy. Разница цен на бензин, дизельное топливо и КПГ

благоприятствует газификации автотранспорта. В эквивалентном исчислении стоимость КПГ составляет 58 % стоимости бензина и 64 % – дизельного топлива. СУГ на автомобильном транспорте в Финляндии не используется.

На АГНКС компании Gasum Oy можно заправиться традиционным КПГ и компримированным биометаном. При этом биометан, как более «политическое» топливо, стоит на 10 евроцентов дороже за 1 м<sup>3</sup> (1,40 € за 1 кг КПГ и 1,50 € за 1 кг СПГ). Компания идет по пути адаптации станции под нужды потребителя. У нее есть специализированные АГНКС и заправочные модули, интегрированные в АЗС. Все заправки КПГ – общего доступа. Есть варианты, при которых заправочная рампа для автобусов, например, находится на территории муниципального автобусного парка, а колонки для стороннего транспорта вынесены за периметр предприятия.

Используются поршневые и гидравлические компрессоры. Специалисты из Gasum Oy утверждают, что по их опыту на высоких входных давлениях (например, 3 МПа, как в АТП Хельсинки) гидравлическая

схема более эффективна. Все станции в блочно-контейнерном исполнении. Производительность компрессоров зависит от условий конечного потребителя топлива: от 40 до 800 м<sup>3</sup>/ч. Станции автоматические, занимают минимальную площадь. Пока принимают только платежные карты Gasum Oy, поэтому путешественники по Финляндии на газовых машинах должны заблаговременно позаботиться об их приобретении.

На перегоне Хельсинки – Турку на АГНКС компании Gasum Oy нам встретилась пара вилочных автопогрузчиков, переоборудованных для работы на КПГ. О таких клиентах для малой АГНКС можно только мечтать. Погрузчики работают в две смены по 8 ч каждая и заправляются по два раза в



Вилочный автопогрузчик

день. Общее потребление КПГ только этими машинами превышает 100 тысяч м<sup>3</sup>/год.

Дорожные указатели к АГНКС пока распространены слабо. Однако финские коллеги сделали огромный шаг вперед в другом направлении. Подобная практика, насколько известно, отсутствует в других странах. Существует проблема



Один из газовых «Пассатов» компании Gasum Oy



Автобус MAN на КПГ в Хельсинки

корректной презентации цены топлива. В Финляндии, например, цену КПГ на АГНКС показывают в килограммах, а в соседней Швеции – в кубических метрах. Так вот, финские газовики устанавливают в непосредственной близости от АГНКС стелу, на которой показана цена эквивалентного бензину объема КПГ или биометана. Сразу все становится на свои места.

### 05.10.2013. Паром

Участники автопробега «Голубой коридор – 2013: Ганза» получили уникальную возможность переправить свои автомобили, работающие на КПГ, из финского Турку в столицу Швеции Стокгольм на пароме, использующем в качестве главного топлива сжиженный природный газ. Таким образом, в одном месте и в одно время встретились две технологии.

Первый инженер Микаэль Сандквист любезно согласился рассказать про корабль и сделать небольшую экскурсию.

Паром Viking Grace принадлежит компании Viking Line и ежедневно выполняет перевозки автомобилей и пассажиров по маршруту Турку



В ожидании погрузки на паром. Над аппарелью расположена система хранения СПГ

– Хельсинки – Турку. Корабль является первым в Финляндии паромом, использующим в качестве главного топлива СПГ. Решение о переходе на метан было принято руководством компании в 2007 г. После проведения подготовительных и проектных работ, получения согласований,



Один из четырех главных газодизельных двигателей Wartsila

формирования инфраструктуры в 2011 г. началось строительство корабля. На это ушло полтора года, и в январе 2013 г. судно вышло в первый рейс.

Недавно был отмечен первый юбилей: перевезен миллионный пассажир. Всего паром может взять на борт 3000 пассажиров. Экипаж корабля – 200 человек. Корабль оснащен четырьмя газодизельными силовыми установками Wartsila (запальная доза дизельного топлива 2 %), работающими на электрогенераторы. Расход природного газа составляет 3200 кг/ч, дизельного топлива 64 кг/ч. Себестоимость электроэнергии 0,12–0,14 евро/кВт.

На бункеровку примерно 60 т СПГ уходит всего один час времени. Схема бункеровки пока сложная: СПГ в автоцистерне перевозят из терминала в порт, перегружают его на судно-бункеровщик и только после этого непосредственно на паром.

### 06-07.10.2013. Швеция

Покинув газовый паром, автопробег направился на ближайшую от порта газовую заправку. Сделать это было не так уж сложно. Схему расположения АГНКС Швеции можно найти в интернете. Многотопливная АЗС принадлежит компании Statoil. Станция расположена в городском квартале, с двух сторон граничит с проезжей частью, с третьей – с офисно-жилым кварталом. С четвертой стороны, непосредственно там, где

установлена заправочная колонка КПГ, находится въездная рампа многоуровневой автомобильной стоянки. На самой АЗС, как и на большинстве подобных, имеются кафе и магазин. Для чего эти подробности? Для того, чтобы показать, что метановая заправка может безопасно располагаться в городских кварталах.

Примечательно, что ни на АГНКС, ни на АЗС метановые колонки не разделены бетонными стенами. По мнению специалистов, современные технологии обеспечивают высокий уровень безопасности, а в случае внезапного разрушения автомобильного баллона разделительная стенка послужит причиной возникновения отраженной ударной волны. Во многих странах давно отказались от разделительных перекрытий и перешли на двухпостовые колонки, в том числе по варианту NGV1 (для легковых автомобилей) и NGV2 (для грузовых автомобилей и автобусов).

Парк газовых автомобилей Швеции (заводского производства и переоборудованных) насчитывает более 44 тыс. ед. Численность АГНКС – 203 ед. Годовое потребление метана превысило 150 млн м<sup>3</sup>. На газовых колонках в Швеции объем заправляемого газа указывают в кубических метрах, а не в килограммах, как, например, в Финляндии или Германии. По имеющейся информации, в скором времени Швеция также перейдет на килограммовую шкалу. Разница в цене на топливо нельзя назвать соблазнительной. Один литр



На заправке в Стокгольме



Газодизель на СПГ Volvo FM (слева) и газобензиновый Volvo V70

бензина марки 95 стоит в среднем 14,0 крон, литр дизельного топлива – 14,30 кроны, 1 м<sup>3</sup> КПГ – 13,20; 1 кг СПГ – 17,40. Самым дешевым моторным топливом в Швеции сегодня является этанол E85: за литр этого топлива нужно заплатить примерно 9,40 кроны. Правительство субсидиями поддерживает этот вид топлива как возобновляемый.

Шведский автопром достаточно давно и активно разрабатывает автомобили на альтернативных видах топлива. В последнее время ведутся работы над электромобилями и метановыми машинами, которые в частности представлены газодизельным (СПГ) грузовиком FM и легковыми автомобилями Volvo V60 и Volvo V70. У тягача FM сжиженного газа хватает на 1000 км пробега. По уровню выбросов он относится к классу Евро-6. Легковой автомобиль Volvo V70 имеет следующие характеристики: запас КПГ на борту 17 кг; пробег на КПГ – 300 км; запас бензина – 70 л; мощность двигателя – 132,5 кВт, объем двигателя – 2 л.

7 октября 2013 г. участники автопробега прибыли в Гётеборг, в штаб-квартиру компании Volvo Trucks, выпускающую грузовые автомобили. Компания организовала проведение круглого стола с участием представителей городских властей, руководства концерна, компаний-изготовителей газового оборудования, дилеров газозаправочной сети.

Наибольший интерес участников автопробега вызвали выступления

Андерса Рота, менеджера по экологии департамента управления движением и общественным транспортом Гётеборга, и Кристины Эрикссон, менеджера по силовым установкам на альтернативном топливе компании Volvo Trucks. В области внедрения экологически безопасных видов моторного топлива муниципалитет Гётеборга провозглашает в качестве стратегических следующие задачи:

- отказ от использования дизельного топлива на муниципальной технике;
- создание городской экологической зоны с ограниченным использованием автомобильного транспорта, где движение разрешено только транспортным средствам, соответствующим требованиям Евро-4 и выше и грузоподъемностью менее 3,5 т;
- муниципальная закупка автобусов, мусоровозов, строительной техники и грузовиков на альтернативных видах моторного топлива;



Заправка тягача сжиженным природным газом

- сокращение к 2020 г. доли ископаемых видов топлива в общем балансе до 10 %.

Кристина Эрикссон рассказала о стратегии в области внедрения газодизельной техники. Основными принципами стратегии являются энергетическая эффективность, возобновляемость энергоресурсов, коммерческая и эксплуатационная целесообразность, сотрудничество автомобильной и топливной промышленности с конечным потребителем. В преломлении к конструкции



Газовая заправка в жилом квартале Мальмо

автомобилей Volvo это означает, что региональный тягач FM должен иметь двухтопливную газодизельную схему питания двигателя мощностью 338,5 кВт с оптимальным замещением 65...75 %, криобак для СПГ вместимостью 100 или 200 кг, что должно обеспечивать пробег на одну заправку газом 500...1000 км.

Утром 8 октября 2013 г. колонна газовых автомобилей взяла курс на Копенгаген. Заправляясь КПГ в Мальмо, участники автопробега в очередной раз обратили внимание на размещение АГНКС в жилых кварталах. И в Финляндии, и в Швеции заправки оборудованы системами приема платежей кредитными картами. Дисплеи – многоязычные. Финские заправки «говорят» и на русском языке. На шведских заправках русских водителей пока не ждут.

## 08-09.10.2013. Дания

Вечером 8 октября четыре газовых автомобиля после дозаправки в Мальмо прибыли в Копенгаген. Автопробег встречали представители принимающей стороны – компании



Выставка газовых машин в Копенгагене

НМН. Утром следующего дня к колонне присоединились еще несколько газовых машин датских, чешских и немецких компаний. На выставке, сопровождавшей круглый стол, участники мероприятия могли увидеть в общей сложности 13 единиц метановой техники различного назначения – легковые, грузовые и коммунальные машины, а также городские автобусы.

Датский рынок природного газа для транспорта находится в стадии зарождения. В стране на метане работают два десятка машин и есть три АГНКС. Самым значительным потребителем КПГ стал автобусный парк муниципалитета Фредерисии: там приобрели 10 автобусов Mercedes на КПГ и построили газозаправочный комплекс, в состав которого вошли компрессорный блок с САУ и газовым аккумулятором, рампы для медленной заправки на 10 постов (на территории автобусного парка) и



Новая модель: газовый Volkswagen up

двухпостовая колонка (NGV1 и NGV2) общего пользования для быстрой заправки за территорией предприятия. КПГ в Дании стоит примерно на 12...13 % дешевле бензина и на 5 % дешевле дизельного топлива. Таким образом, главной движущей силой перевода транспорта на метан будут экологические императивы.

### 10.10.2013. Германия

10 октября в старой Гамбургской таможне состоялся центральный круглый стол автопробега «Голубой



Газовый гоночный Volkswagen Scirocco

коридор – 2013: Ганза». Мероприятие было организовано компанией «Газпром Германия» (дочернее общество ООО «Газпром экспорт») при поддержке компании Е.Оп. Немецкие коллеги собрали представительную аудиторию с участием политиков, ведущих немецких автопроизводителей, поставщиков газоиспользующего и газозаправочного оборудования, газовых компаний, транспортников, прессы. Была подготовлена интересная выставка газовых машин всех категорий. Большой интерес вызвал спортивный болид от Volkswagen на метане, принимающий участие в гонке «Кубок Сирокко». Практически все выступавшие на круглом столе подтвердили готовность продолжить активную работу по широкому внедрению природного газа в качестве топлива на транспорте.

С ключевым докладом выступил представитель Еврокомиссии Антонио Трикас. Он напомнил, что природный газ входит в европейскую корзину альтернативных видов моторного топлива. Политика Евросоюза направлена на замещение нефтепродуктов и носит долгосрочный характер. Брюссель признал существенный потенциал метана в деле диверсификации топлива для транспорта. Ресурсы традиционного природного газа дополняются потенциалом Европы по производству биометана. Европейские политики также высоко оценивают возможности метана для общего сокращения выбросов CO<sub>2</sub> в хозяйственной

жизни Старого света. Не обойдено молчанием и то, что собственный биометан позволяет диверсифицировать источники газа.

На какие черты газомоторного рынка обращают внимание в Брюсселе?

Газовые автомобили создаются по отработанным и проверенным временем технологиям. Автомобильная промышленность предлагает широкую гамму газовых машин в заводском изготовлении. Однако парк газовых автомобилей пока еще недостаточно развит. В Евросоюзе метан использует только 1 млн машин, то есть 0,5 % общего парка. Лидерами рынка являются Италия (850 тыс. ГБА), Германия (100 тыс.), Болгария (60 тыс.) и Швеция (44 тыс.). Инфраструктура заправок развита слабо: только 2900 станций обслуживают автомобили на метане. Мешает отсутствие единства в национальных системах технического регулирования: Австрия – OVGW G97, Германия – DVGW G651, Швеция – TSA 2010, Испания – UNE.

Высокая энергетическая плотность СПГ делает его привлекательным топливом для тяжелой автомобильной техники и морского транспорта. Технологии отработаны, заводы готовы производить технику. А вот заправок автомобилей сжиженным метаном на весь Евросоюз всего 41, из которых 17 работают только в режиме СПГ. Такие заправки действуют пока только в Великобритании, Испании, Швеции, Нидерландах,



Тягач Iveco на СПГ на выставке «Голубой коридор – 2013»

Португалии. Есть еще мобильный заправочный комплекс СПГ в Польше. Причины, сдерживающие развитие рынка СПГ на транспорте, практически те же, что и для КПП: неразвитая инфраструктура, различия в нормативной базе, низкая степень омоложения газовых автомобилей.

Тем не менее в Евросоюзе видят, как развивается рынок автомобильного СПГ в других странах. Например, в США таких машин более 6000. В Китае на СПГ работают уже 70 тыс. грузовиков, 60 % газовых автобусов выпускаются именно в СПГ-модификации. Заправку осуществляют 1000 крио-АЗС. К 2020 г. в Китае на СПГ будут работать 300 тыс. автомобилей и 3500 заправок.

Использование СПГ морским транспортом начинается, прежде всего, в бассейнах Балтийского и Северного морей. Это связано с введением в 2015 г. повышенных требований к содержанию серы (не более 0,1 %) в отработавших газах судовых двигателей. Введение зон с управляемыми выбросами (Emission Control Areas) влечет за собой создание новых мощностей по бункеровке и строительство новых судов, использующих СПГ в качестве основного топлива.

Что предлагает Европейская комиссия?

- К 2020 г. обеспечить природному газу 5 % на топливном рынке Евросоюза, до конца 2014 г. принять единые для Евросоюза технические нормы по заправке автотранспорта КПП и СПГ. Кстати, параллельная работа ведется в рамках ЕЭК ООН, и в рабочей группе должен быть представлен Росстандарт.
- К 31 декабря 2020 г. планируется развить в рамках Евросоюза сеть примерно из 654 заправок для КПП общего пользования с шагом



Координаторы круглого стола «Голубой коридор – 2013: Гамбург»

строительства 150 км на общую сумму 164 млн евро, в среднем по 250 тыс. за один объект. Германия заявок на эту схему не подавала.

- К 31 декабря 2020 г. развить в рамках Евросоюза сеть примерно из 144 заправок для СПГ общего пользования с шагом строительства 400 км на общую сумму 58 млн евро, в среднем по 400 тыс. за один объект. Германия планирует построить 25 крио-АЗС и получить из Евросоюза 10 млн евро.
- К 31 декабря 2020 г. развить в рамках Евросоюза сеть примерно из 139 пунктов бункеровки сжиженным природным газом морских судов и судов для использования на внутренних водах на общую сумму 2,085 млрд евро, в среднем по 15 млн за один объект. Германия планирует построить 22 пункта бункеровки и получить из Евросоюза 330 млн евро. Чтобы стимулировать гармоничное развитие рынка и инфраструктуры Еврокомиссия поручила Европейскому комитету по нормализации до конца 2014 г. разработать Стандарт качества газа, транспортируемого по газопроводам, и Стандарт на подачу биометана в

газопроводы с последующим использованием в качестве моторного топлива.

Евросоюз совместно Европейской газомоторной ассоциацией принял концепцию голубых коридоров, предложенную Фондом Вернадского, Газпромом и НГА, и развивает ее в направлении использования СПГ на тяжелой автомобильной технике. Для реализации проекта «Голубой коридор СПГ» сформирован международный консорциум из 27 компаний из Бельгии, Великобритании, Германии, Испании, Италии, Нидерландов, Португалии, Словении, Франции, Хорватии и Швеции. Пока Евросоюз планирует в течение четырех лет построить 14 крио-АЗС и выпустить на дороги 100 грузовых машин на СПГ.

Вероятно, России нужно сформировать свою международную команду, связать коридорами Балтику, Адриатику и Черноморье и, конечно, состыковать их с коридорами Евросоюза. Иначе, о какой интегрированной европейской транспортной системе можно говорить? А ведь транспорт – один из шести ключевых элементов программы «Горизонт 2020».



## Еврокомиссия развивает успех автопробега

21 октября в Брюссельской штаб-квартире Европейской комиссии состоялась представительная конференция, посвященная проблемам альтернативных видов чистого моторного топлива. Примечательно, что эта конференция прошла сразу же после окончания международного автопробега «Голубой коридор – 2013: Ганза», завершившегося в Санкт-Петербурге 18 октября.

**Н**а конференции присутствовали более 150 представителей от органов управления Евросоюза, стран-участниц (Германия, Испания), государств, не входящих в европейское сообщество (США, Япония, Китай), Европейского энергетического агентства, автомобильной промышленности. На мероприятии были представлены компании Тойота, Ниссан, Шнайдер электрик, Евроэлектрик, порт Роттердама, Тоталь, ЭНИ, Шелл, Аутолиб, ЭРДФ, Мишлен, Эр ликид, Даймлер.

Выступавшие в один голос призывали расширить использование природного газа в транспортном секторе европейской экономики. По их мнению, КПП и СПГ – это готовое решение для сокращения выбросов загрязняющих веществ. А сжиженный метан был назван лучшим морским топливом для Европы. Тем самым конференция подтвердила правильность газомоторной идеологии организаторов и участников автопробега «Голубой коридор».

В пользу СПГ на море открыто выступили государственный секретарь Германии по транспорту Райнер Бомба и генеральный директор департамента морского транспорта Испании Рафаэль Родригес Валеро. А представитель

порта Роттердама сообщил о том, что порт ищет партнеров для развития инфраструктуры бункеровки судов сжиженным природным газом.

В Брюсселе впервые так заинтересованно говорили об использовании природного газа на транспорте в контексте дискуссии о «чистых» видах топлива. Прошедшая конференция продемонстрировала, что теперь Европейский союз готов обсуждать природный газ более широко, выходя за рамки набора традиционных

тезисов: надежность поставок, диверсификация источников и т.д. Большинство выступавших на конференции подчеркивали, что рассматривают природный газ как реальную и имеющуюся в наличии альтернативу традиционным видам топлива. При этом наблюдается определенное сокращение энтузиазма в отношении электромобилей. Особенно мощную поддержку на конференции получила концепция газификации морского транспорта. Фактически участники конференции единогласно одобрили январские предложения Еврокомиссии по участию в финансировании строительства инфраструктуры заправок транспорта природным газом. В ноябре эти предложения обсуждались на Комитете по транспорту Европейского парламента. Настало время принятия конкретных решений по строительству заправочной сети в странах-участницах Европейского союза.



Голубые коридоры СПГ в планах Еврокомиссии

## Завершение исследований стандартов бункеровки СПГ

Сингапур значительно продвинулся в развитии практических оперативных процедур и стандартов в области погрузочно-разгрузочных работ с СПГ. Морская и портовая администрация Сингапура (МПА) и ее назначенный консультант Регистр Ллойда (крупнейшее классификационное общество, добровольная ассоциация судовладельцев) в ноябре завершили свое исследование технических стандартов и процедур бункеровки (погрузка, разгрузка и краткосрочное хранение) СПГ в порту Сингапура, начатое в июле 2013 г. Исследование сводной информации, необходимой к рассмотрению перед бункеровкой СПГ, касалось изучения пяти ключевых областей:

- стандартов и процедур бункеровки СПГ в пределах порта;
- технических требований и особенностей бункеровки танкеров,

адаптации установочных механизмов с учетом системы передачи, монтажа и обеспечения безопасности;

- стандартов безопасности для операций бункеровки СПГ;
- идентификации запретных зон и чрезвычайных ситуаций;
- норм компетентности для персонала, работающего на станциях бункеровки СПГ.

После завершения исследования МПА проведет серию промышленных консультаций, чтобы поделиться результатами исследования и получить обратную связь от промышленных организаций, эксплуатирующих суда. При успешном налаживании торговых отношений МПА планирует придать окончательную форму системе бункеровки СПГ в порту Сингапура.

«Существует растущая потребность судоходной отрасли в поиске

альтернативных источников топлива, и в этом смысле СПГ является перспективным вариантом. Завершение исследования станет серьезным шагом в развитии бункеровки СПГ в порту Сингапура, и мы бы хотели поделиться этим значительным достижением с миром промышленности», – сказал капитан М.Сегар, помощник исполнительного директора МПА.

Сингапур делает акцент на качество услуг бункеровки и выполнение стандартов безопасности. В 2012 г. порт Сингапура зафиксировал объем продаж СПГ в 42,7 млн т, сохранив свою позицию как первый по бункеровке порт в мире. Высокие показатели Сингапура в предоставлении услуг бункеровки отчасти обусловлены его стратегическим расположением на перекрестке международной торговли, а также отраслевой структурой, что приводит к конкурентным ценам, гарантированному качеству и высокому уровню безопасности.

**Соб. инф.**

**По материалам сайта МПА**

## Новый дизайн топливного бака для заправки сжатым природным газом от Chrysler

В ходе разработки следующего поколения баллонов питания компримированным природным газом для транспортных средств компания Chrysler Group вдохновилась строением человеческого тела. В Chrysler намерены создать баллон для КПП, сопоставимый по вместимости с баком транспортного средства, работающего на бензине или дизеле. «В легких человека бесчисленное множество отдельных мешков, называемых альвеолами, – говорит Энрико Писино, старший менеджер по инновациям Chrysler Group. – Эти мешки объединяются, чтобы увеличить общий объем воздуха в легких. Мы используем тот же подход при

улучшении технологии для топливных баков с КПП».

Работа Chrysler Group частично была поддержана грантом в 50 тыс. долл. от Совета экономики штата Мичиган (США) по итогам конкурса по развитию и инновациям в науке, так как данные разработки соответствуют стратегиям и планам компаний штата, касающимся ускорения развития передовых технологий.

Современные баллоны для КПП имеют цилиндрическую форму, выдерживающую давление, при котором должен храниться сжатый газ. Запатентованная технология Chrysler Group решает вопрос увеличения вместимости баллона и создания новых

конструкций, соответствующих транспортному средству на КПП и гибридам. Результатом исследований стало использование пространства, предназначенного для пассажира и/или груза.

Представленный компанией Chrysler Group грузовик RAM 2500, работающий на КПП, является единственным автомобилем такого вида на природном газе, выпускаемым с того же конвейера, что и остальные грузовики, заправляемые бензином или дизелем. Доступный для розничной продажи, RAM 2500 оснащен 5,7-литровым двигателем HEMI V-8, способным работать на КПП. Когда этот вид топлива будет исчерпан, автомобиль-гибрид автоматически и плавно переключится на бензин.

Стратегическим партнером Chrysler Group является мировой лидер по производству транспортных средств, работающих на КПП, Fiat S.p.A.

**Соб. инф.**

**По материалам источника: Chrysler**

# Современные криогенные бортовые топливные системы для автотранспорта и технологии их заправки

**С.П. Горбачев**, профессор, главный научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.,  
**К.И. Кириенко**, младший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Рассмотрены технологические схемы криогенных бортовых топливных систем, а также способы их заправки сжиженным природным газом.

**Ключевые слова:** криогенная бортовая топливная система, сжиженный природный газ, бездренажная заправка, технология заправки.

**В** настоящее время в криогенных бортовых топливных системах (КБТС) на сжиженном природном газе (СПГ) используются следующие технологические схемы:

- с испарителем самонаддува криогенного бака (рис. 1а);
- с равновесной жидкостью при повышенном давлении (рис. 1б);
- с криогенным насосом (рис. 1в).

Особенность первой схемы заключается в том, что жидкость после заправки имеет равновесное давление, близкое к атмосферному, а, следовательно, наименьшую температуру и наибольшую плотность. Увеличение и поддержание повышенного давления в баке для подачи жидкости через производственный теплообменник в двигатель осуществляются выносным испарителем самонаддува бака с использованием регулятора давления

и переключателя фаз, через который пар направляется в производственный теплообменник при чрезмерном повышении давления в баке. Схема имеет следующие преимущества:

- наибольшее количество топлива в данном объеме;
- длительное бездренажное хранение жидкости из-за низкого давления в баке в начальный момент;
- относительно простое оборудование на заправочной станции.

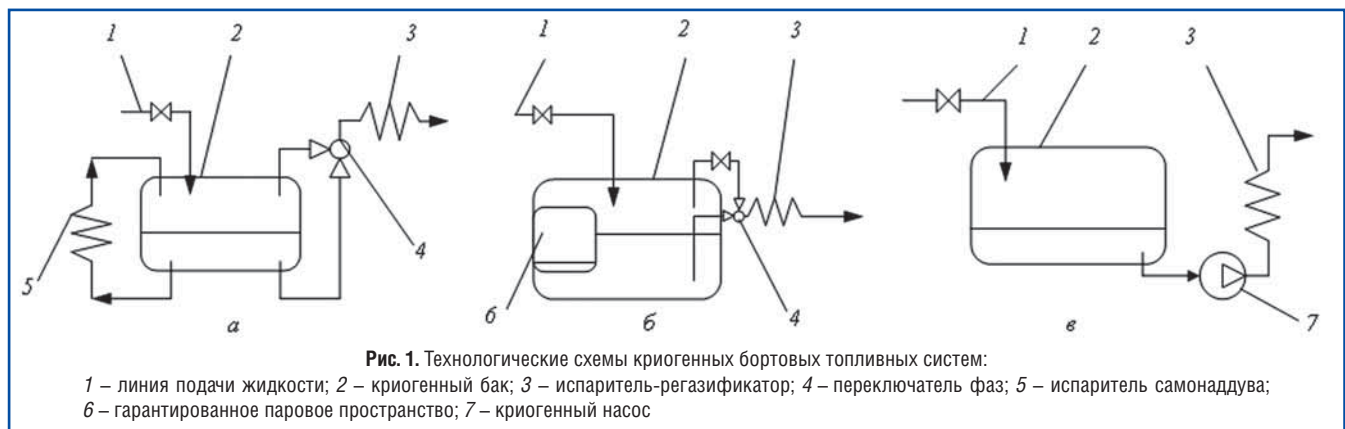
Недостатки данной схемы:

- из-за низкой температуры жидкости растворимость диоксида углерода в жидком метане мала и возможна кристаллизация  $\text{CO}_2$  с забивкой арматуры и трубопроводов;
- в процессе испарения возможна кристаллизация диоксида углерода в испарителе самонаддува, что может привести к его забивке и

прекращению подачи газа в двигатель;

- при заправке методом передавливания (безнасосная схема) пары жидкости выбрасываются в атмосферу;
- в случае переполнения бака жидкость выбрасывается через свечу, создавая пожароопасную ситуацию;
- в начале движения автомобиля разрушается слой равновесной жидкости на границе раздела фаз, давление в баке быстро снижается из-за конденсации пара на поверхности жидкости, уменьшается расход газа на двигатель, и он глохнет.

Несмотря на недостатки эта схема является достаточно распространенной и реализуется компаниями Cryodiffusion, MAN, Cryogenic Fuels Inc (CFI), а также отечественными



компаниями ОАО «Гелиймаш» и ЗАО «НПФ «ЭКИП» [1].

Испытания, проведенные в ООО «Газпром ВНИИГАЗ», подтвердили работоспособность отечественных криогенно-бортовых топливных систем такого типа [2, 3].

Схема с равновесной жидкостью при повышенном давлении предложена и реализуется компанией NexGen Fueling Chart Industries [4] (см. рис. 16). Основная идея этой схемы состоит в следующем – криогенная бортовая топливная система должна быть аналогична бортовой системе на сжиженных углеводородных газах (СУГ). Поэтому в системе отсутствует испаритель самонаддува, и подача СПГ в двигатель транспортного средства через производственный испаритель осуществляется за счет первоначального давления в баке, создаваемого при его заправке равновесной жидкостью с достаточно высокой температурой. По мере опорожнения бака происходит, с одной стороны, снижение давления в нем из-за увеличения парового пространства, с другой – вскипание жидкости, и в паровое пространство поступает дополнительное количество пара. В результате при уменьшении степени заполнения бака с 90 до 5 % давление в нем снижается с 0,5 до 0,35 МПа, что достаточно для нормальной работы КБТС.

Отсутствие испарителя самонаддува, криогенного запорного вентиля и регулятора давления в баке не только уменьшает стоимость оборудования, но и повышает надежность работы системы, так как при эксплуатации исключается вероятность кристаллизации диоксида углерода, а также других высококипящих примесей и забивки ими испарителя и криогенного вентиля. Поскольку равновесная температура жидкости относительно высока (135...125 К), то повышается растворимость диоксида углерода в метане. Это позволяет снизить требования по содержанию диоксида углерода в СПГ.

Однако использование «теплой» равновесной жидкости имеет ряд недостатков, в числе которых следующие:

- из-за более высокой начальной температуры жидкости и, соответственно, меньшей плотности количество заправленного СПГ примерно на 10...20 % меньше, чем для предыдущей схемы;
- при высокой начальной температуре жидкости сокращается длительность бездренажного хранения СПГ в баке;
- для реализации бездренажной заправки необходимо на станции наполнения иметь СПГ с температурой около 140 К (равновесное давление 0,6 МПа) и давлением не менее 0,8...0,9 МПа и проводить заправку при повышенном давлении в криогенном баке.

Схемы с криогенным насосом (см. рис. 1в) используются в случае, когда необходимо подавать газ в двигатель при повышенном давлении. Для газовой турбины давление подачи составляет около 3 МПа, что обеспечивается стандартным поршневым насосом. При этом в криогенном баке поддерживается давление около 0,2 МПа, чтобы обеспечить подачу жидкости на насос. Этот уровень давления обеспечивается за счет отбора газа из производственного испарителя, что позволяет отказаться от испарителя самонаддува. Криогенный бак

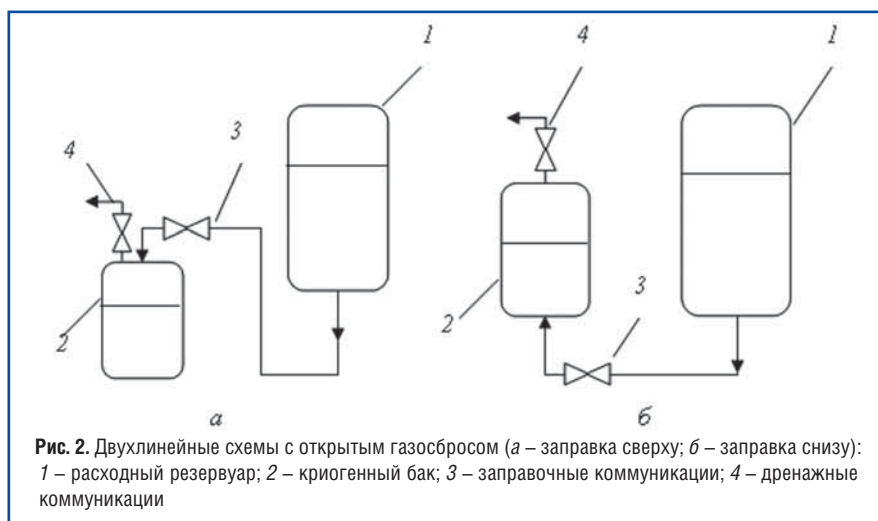
заправляется сжиженным природным газом при давлении, близком к атмосферному, что предполагает низкое содержание диоксида углерода в СПГ.

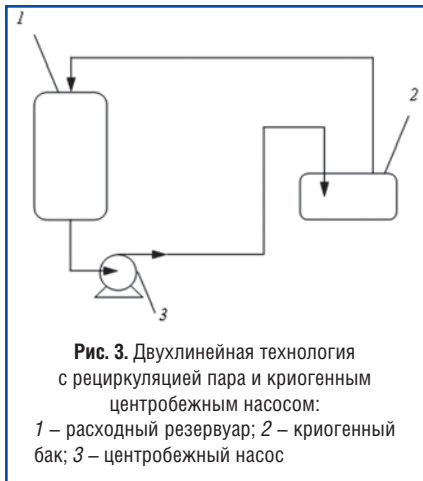
Основные проблемы при реализации данной схемы:

- наличие дорогостоящего криогенного насоса, который должен длительно и непрерывно работать в условиях вибраций;
- обеспечение однофазного состояния жидкости в насосе;
- запуск системы в работу.

В последнее время обсуждается вопрос об использовании кассетных КБТС, в которых вместо заправки бака сжиженным природным газом производится замена порожнего бака на предварительно заполненный на станции производства СПГ.

Преимущество такой схемы – сокращение длительности заправки, отсутствие промежуточного резервуара на заправочной станции, за счет этого уменьшение стоимости станции и заправки, а также повышение пожаробезопасности. Однако все проблемы заправки не исчезают, а переносятся на станцию производства СПГ. В связи с увеличением числа баков уменьшается эффект от снижения стоимости из-за отсутствия расходного резервуара. Появляется также необходимость решения дополнительных проблем: обеспечить надежные низкотемпературные соединения при замене баков, иметь на станции





заправки подъемные средства, гарантировать пожарную безопасность при наличии большого числа цистерн с СПГ на станции заправки. Тем не менее практическая реализация такой схемы на транспортных средствах с существенно сниженной длительностью заправки представляется перспективной.

Важными моментами эксплуатации КБТС являются их заправка (заполнение теплого криогенного бака) и дозаправка (заполнение бака с некоторым количеством жидкости) сжиженным природным газом. При заправке и дозаправке автотранспорта сжиженным природным газом необходимо выполнить следующие условия:

- заполнение следует проводить с темпом около 70 л СПГ в минуту (0,5 кг/с), что соответствует темпу заправки автотранспорта традиционным топливом;
- заполнение может проводиться как в регулярном режиме (транспортные средства на заправку поступают непрерывно или через заданные промежутки времени), так и при случайной очереди транспортных средств;
- исключить или максимально ограничить выбросы топлива в окружающую среду, в том числе при переполнении криогенного топливного бака;
- обеспечить безопасность для персонала, оборудования станции,

транспортных средств и водителей, а также для окружающих зданий, сооружений и проживающих в них людей.

До последнего времени при заправке и дозаправке КБТС сжиженным природным газом использовалась двухлинейная технология (two-lines transfer procedure), по которой заправка криогенного топливного бака жидкостью проводится с открытым дренажным трубопроводом со сбросом паров либо через свечу в атмосферу на рассеивание (рис. 2), либо при использовании насоса в расходный резервуар (рис. 3).

Эта технология является наиболее простой и, как правило, используется при заправке криогенных резервуаров такими продуктами как жидкий азот, жидкий кислород, а также при заправке двухлинейных КБТС. Заправка может проводиться как снизу (под уровень жидкости), так и сверху (над уровнем жидкости). При заправке сверху более равномерно охлаждаются стенки сосуда, но длительность процесса больше, чем при заправке снизу.

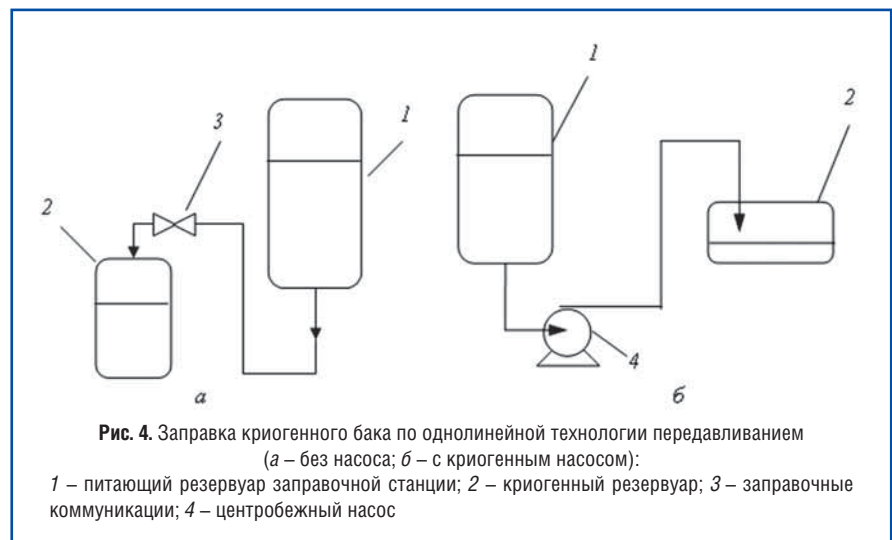
На длительность заправки, особенно при подаче жидкости сверху, сильно влияет гидравлическое сопротивление дренажных коммуникаций и наличие паровой фазы в жидкости в заправочных коммуникациях.

При заправке СПГ следует учитывать, что в жидкости содержатся

примеси (диоксид углерода, метанол, масла), которые растворены в метане и при снижении температуры СПГ могут выпадать в осадок (процесс кристаллизации).

Основная проблема двухлинейной технологии заключается в том, что возможно переполнение криогенного бака с выбросом жидкости через дренажные коммуникации на территорию заправочной станции с последующим возникновением загазованности и аварийной ситуации. Проблема переполнения остается и при использовании двухлинейных схем с циркуляцией паров (см. рис. 3). В этом случае отсутствует выброс жидкости наружу, но при переполнении она заполняет дренажный трубопровод, и ее необходимо удалить перед отсоединением трубопровода после заправки. Кроме того, необходимо удалить часть СПГ для обеспечения требуемого объема парового пространства.

Опыт эксплуатации транспорта на СПГ показал, что вероятность переполнения бака при использовании двухлинейной технологии высока. Поэтому в настоящее время начинает использоваться однолинейная технология (one-line transfer procedure), при которой заправка криогенного топливного бака сжиженным природным газом ведется с закрытым дренажным трубопроводом с конденсацией пара



в баке за счет нагревания поступающей жидкости (рис. 4).

По однолинейной технологии заправка криогенного бака сжиженным природным газом осуществляется, как правило, путем подачи жидкости сверху (на уровень жидкости) при закрытом дренажном трубопроводе. При этом, с одной стороны, в сосуде повышается давление из-за уменьшения объема парового пространства, с другой – давление в паровом пространстве снижается из-за конденсации пара на каплях поступающей жидкости.

Заправка с закрытой дренажной коммуникацией (бездренажная заправка) практически исключает потери жидкости как при использовании насоса, так и при заправке передавливанием. При однолинейной технологии относительно просто решается вопрос окончания заправки – в конце процесса резко повышается давление, что позволяет автоматически прекратить заправку. Кроме того, упрощается технология заправки, поскольку требуется только одно соединение транспортного средства с заправочной колонкой, что

аналогично его заправке традиционными видами топлива.

Эксперименты, проведенные в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» [5], показали возможность заправки КБТС сжижен-

ым природным газом как по двухлинейной, так и по однолинейной технологиям, причем длительность процесса соизмерима с длительностью заправки традиционным топливом.

## Литература

1. **Попов О.М., Брагин А.В., Колгушкин Ю.В., Еремина Н.М., Мильман С.Б., Удут В.Н.** Системы хранения и подачи сжиженного природного газа, установленные на транспортные средства. В кн. «Использование природного газа на железнодорожном транспорте»: Материалы заседания секции «Распределение и использование газа» НТС ОАО «Газпром» (Екатеринбург, декабрь 2006). – М.: ООО «ИРЦ «Газпром», 2007. – С. 57.
2. **Горбачев С.П., Попов В.П.** Основные технические требования и результаты испытаний криогенных бортовых топливных систем для транспортных средств. В сб. «Современные технологии сжижения природного газа в установках малой и средней производительности. Использование природного газа на железнодорожном транспорте»: Материалы заседания секции «Распределение и использование газа» НТС ОАО «Газпром» (Екатеринбург, декабрь 2006 г.). – М.: ООО «ИРЦ «Газпром», 2007. – 152 с.
3. **Горбачев С.П., Попов В.П., Шапкайтц А.Д., Люгай М.В., Поденок С.Е.** Результаты испытаний опытных образцов криогенных бортовых топливных систем для транспортных средств // Газовая промышленность. – 2008. – Спецвыпуск 626. – С. 17-20.
4. NexGen Fueling Vehicle Fuel Tank System Operations Manual – <http://www.nexgenfueling.com/pdf/3835849-rev-c-2.pdf>
5. **Горбачев С.П., Кириенко К.И.** Экспериментальная проверка технологий заправки криогенных бортовых топливных систем // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 3 (33). – С. 37-42.



## Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

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.**

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. Текстовый материал с иллюстрациями и таблицами должен иметь сквозную нумерацию. Графический материал должен быть выполнен в формате, обеспечивающем ясность всех деталей рисунков. **На рисунках цифры на осях графиков даются только прямым шрифтом, позиции на рисунках – только курсивным.**

Формулы и символы должны быть четкими и понятными. Все обозначения в формулах необходимо расшифровать. В формулах и на рисунках **все латинские буквы должны быть курсивными**, за исключением тригонометрических функций, чисел Рейнольдса, Нуссельта и некоторых других величин. **Греческие, русские буквы и цифры в формулах даются только прямым шрифтом.** 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,

СМΥК) – в формате jpg, jpeg, tiff, pdf. 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 также 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).

# Использование биогаза для получения электроэнергии в агропромышленных комплексах

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

**С.Н. Девянин**, профессор, заведующий кафедрой МГАУ им. В.П. Горячкина, д.т.н.,

**С.П. Шимченко**, аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана

Представлена технология получения биогаза из отходов сельскохозяйственного производства. Приведены физико-химические свойства биогаза. Предложена концепция выработки электроэнергии из биогаза.

**Ключевые слова:** дизельный двигатель, дизельное топливо, биогаз, дизель-генераторная установка.

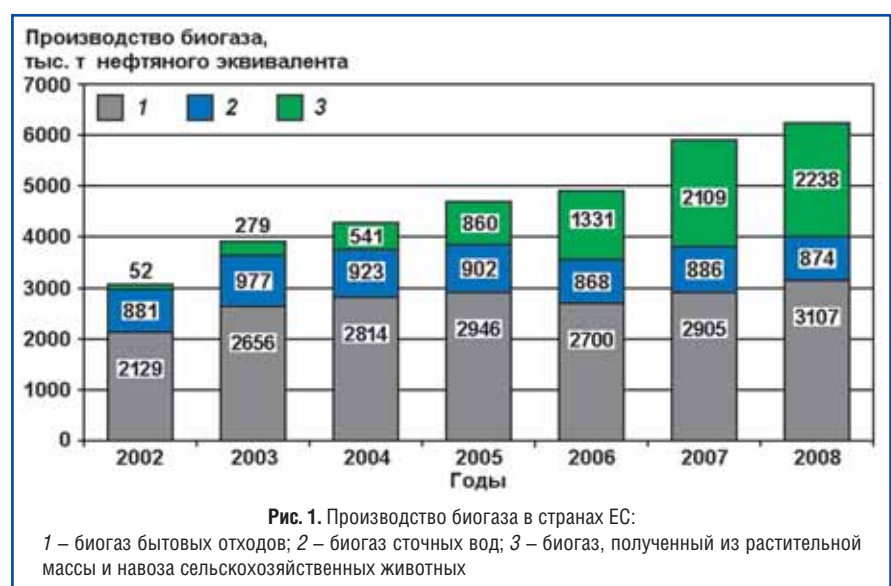
**П**роблема экономии жидких нефтяных топлив остается одной из самых острых в обеспечении транспорта, промышленности и сельского хозяйства топливно-энергетическими ресурсами. Увеличение потребления жидкого топлива сопровождается истощением освоенных и удобно расположенных нефтяных месторождений, вследствие чего приходится осваивать новые месторождения, расположенные в труднодоступных районах. Это приводит к удорожанию как сырой нефти, так и получаемых из нее нефтепродуктов. Между тем разработано большое количество методов получения альтернативных моторных топлив из органических отходов, не требующих для использования в двигателях никакой химической переработки. Одним из таких перспективных моторных топлив является биогаз, основным процессом получения которого является анаэробное брожение органических отходов различной морфологии [1-3].

Биогаз может быть получен из различных сырьевых ресурсов – отходов сельскохозяйственного производства и деревообрабатывающей промышленности, бытовых стоков, промышленных и бытовых отходов, в частности, твердых бытовых

отходов (ТБО) городских свалок [4-7]. Но наиболее динамично развивающимся направлением получения биогаза является его генерирование из отходов сельского хозяйства. Об этом, в частности, свидетельствуют данные о производстве биогаза в странах ЕС (рис. 1) [2]. Согласно этим данным, можно отметить, что в европейских странах только за период с 2003 по 2008 г. производство биогаза из растительной массы и навоза сельскохозяйственных животных увеличилось почти в 10 раз.

При этом обширная сырьевая база для производства биогаза обеспечивается сельскохозяйственным

производством. Этот продукт можно получать из навоза различных животных и птиц, а также из отходов растениеводства [5, 8, 9]. Наиболее привлекательным представляется использование для производства биогаза навоза крупного рогатого скота. Это объясняется возможностью комплексного использования отходов сельскохозяйственного производства. Из органической массы (навоз) в биогазовых установках (био-реакторы) можно получить биогаз и одновременно ценные органические удобрения, позволяющие заметно повысить урожайность сельскохозяйственных культур (рис. 2) [5].





Наиболее распространенным способом получения биогаза является анаэробное сбраживание биомассы. Под действием особой группы анаэробных бактерий происходит минерализация органических соединений с получением минеральных форм азота, фосфора и калия, наиболее доступных для растений, с полным уничтожением патогенной (болезнетворная) микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, фекальных запахов, нитратов и нитритов [9, 10].

Анаэробное сбраживание органических отходов с получением биогаза и биоудобрений осуществляется в специальных установках, основным элементом которых является био-реактор (рис. 3) [11-13]. В реакторе обеспечиваются все необходимые параметры процесса (концентрация реагентов, кислотность реагирующей

смеси и отсутствие кислорода). Реактор имеет тепловую изоляцию, позволяющую поддерживать температурные режимы сбраживания на заданном уровне.

В присутствии атмосферного кислорода углерод биомассы окисляется и превращается в углекислый газ, а при его отсутствии (или недостаточном количестве) – развиваются анаэробные бактерии, что способствует преобразованию углерода биомассы в  $CH_4$  и  $CO_2$ . В реакторе также имеется устройство для постоянного перемешивания сбраживаемой массы. Поступление сырья в реактор регулируется таким образом, чтобы процесс сбраживания протекал равномерно. Во время сбраживания в биомассе развивается микрофлора, которая последовательно разрушает органические вещества до кислот,

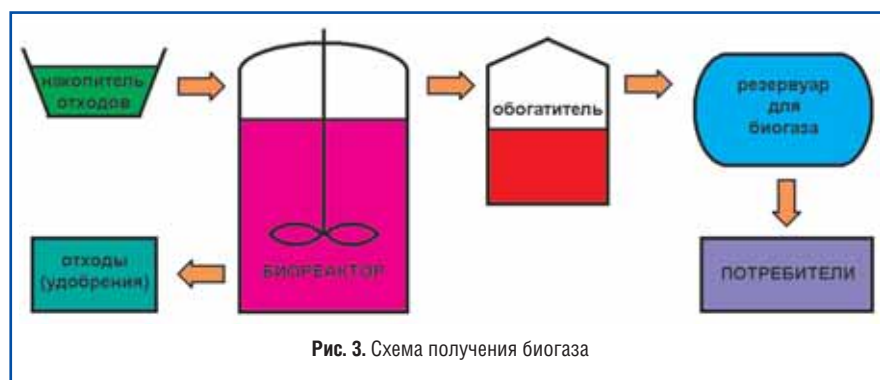
а последние под действием синтрофных и метанообразующих бактерий превращаются в метан и углекислоту.

Выход биогаза из органического сырья и конечный его состав в значительной степени зависят от вида и свойств исходного сырья. В качестве примера на рис. 4 приведен состав биогаза, полученного из различного сырья. Согласно рис. 4 следует отметить, что биогаз, получаемый из растительной массы и навоза сельскохозяйственных животных, имеет состав (содержание метана), близкий к составу биогаза, генерируемого из бытовых отходов, мусора и сточных вод.

По рис. 4 необходимо отметить, что основным компонентом биогаза является метан, его содержание в биогазе может достигать 80 % по объему. Содержание другого значимого компонента биогаза – углекислого газа – обычно не превышает 35 %. Остальные компоненты содержатся в незначительных количествах (как правило, не более 1 %). Некоторые физико-химические свойства биогаза в сравнении с нефтяным дизельным топливом и природным газом (метан) приведены в таблице [3, 11, 14,].

Биогаз используется в качестве моторного топлива для транспорта, питания двигателей внутреннего сгорания стационарных установок различного назначения, обогрева зданий и сооружений, а также в качестве бытового газа. Из представленных на рис. 5 данных следует, что уже в настоящее время в Германии значительная доля биогаза используется для выработки электроэнергии и производства тепловой энергии [2].

Необходимо отметить, что на биогаз могут быть конвертированы как бензиновые двигатели с принудительным воспламенением рабочей смеси, так и дизельные. Однако сжигание биогазового топлива





**Физико-химические свойства дизельного топлива, биогаза и природного газа**

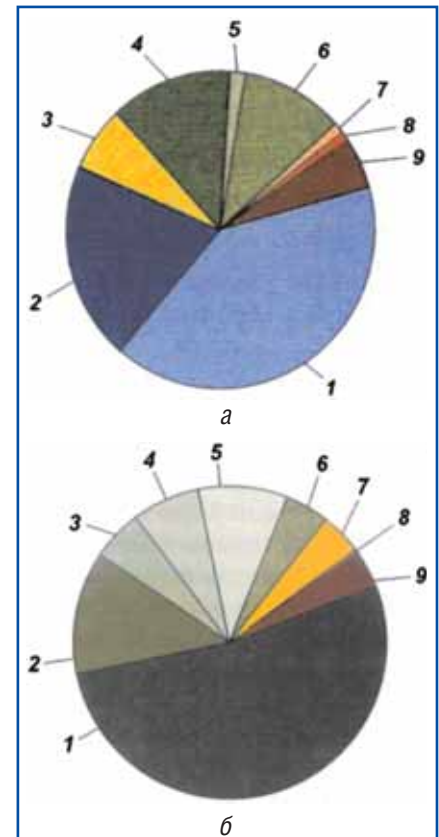
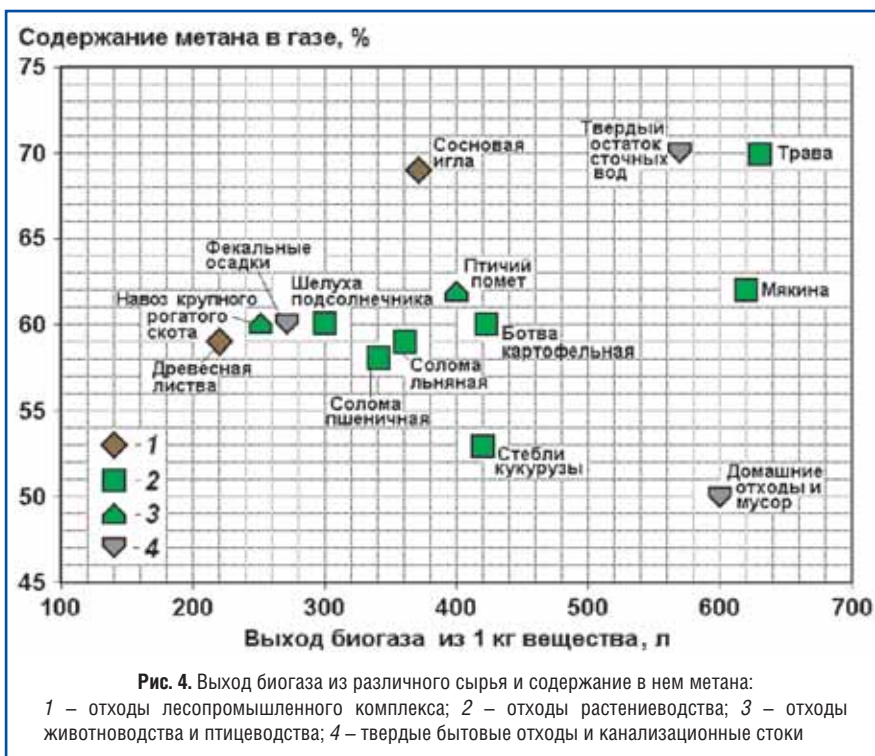
Физико-химические свойства	Топливо		
	ДТ	Биогаз	Природный газ
Формула состава	$C_{16,2}H_{28,5}$ (условная)	$CH_4$ (60...80 % по объему) $CO_2$ (15...35 %) $H_2$ (до 1 %) $H_2S$ (до 1 %) Примеси (3 %)	$CH_4$ (95 % по объему) $CO_2$ (1 %) $N_2$ (до 1,5 %) Примеси (2,5 %)
Плотность при 20 °С, кг/ м <sup>3</sup>	830	1,16*	0,809
Теплота сгорания, МДж/кг	42,5	20,2*	48,4
Цетановое число	45	1*	3
Температура самовоспламенения, °С	250	700*	540
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12*	17,2
Метановое число	–	123*	100

\* Приведены усредненные значения.

в дизельных двигателях при высоких степенях сжатия и повышенных коэффициентах избытка воздуха более эффективно, чем в двигателях с принудительным воспламенением. Но следует отметить, что на процесс сгорания биогазовой смеси в объеме цилиндра дизельного двигателя влияют высокие температуры ее самовоспламенения (как и рабочей смеси метана и воздуха), составляющие

600...800 °С. Эти значения существенно превышают температуры самовоспламенения рабочей смеси капель нефтяного дизельного топлива с воздухом [15]. Поэтому самовоспламенение биогазовой смеси только за счет теплоты сжатия в камере сгорания дизеля весьма проблематично. Возможно воспламенение рабочей смеси биогаза с воздухом от свечи зажигания или

запальной дозы дизельного топлива. При этом надо учитывать, что для воспламенения биогазового топлива необходимо значительно увеличить энергию искрообразования по сравнению с обычными бензиновыми двигателями, а подведенная с запальным дизельным топливом энергия в 100-10000 раз больше, чем энергия искрообразования свечи зажигания.



а: 1 – энергия ветра 40,4 %; 2 – энергия воды 20,3 %; 3 – солнечная энергия 6,6 %; 4 – твердая биомасса 12,9 %; 5 – жидкая биомасса 1,6 %; 6 – биогаз, полученный из растительной массы и навоза сельскохозяйственных животных, 10,7 %; 7 – биогаз сточных вод 1,1 %; 8 – биогаз бытовых отходов 1,0 %; 9 – биоотходы 5,3%;  
 б: 1 – твердая биомасса (частный сектор) 52,5 %; 2 – твердая биомасса (промышленные установки) 12,6 %; 3 – твердая биомасса (энергоустановки) 5,3 %; 4 – жидкая биомасса 7,0 %; 5 – биогаз 9,2 %; 6 – биоотходы 4,6 %; 7 – солнечная тепловая энергия 4,3 %; 8 – глубинная геотермальная энергия 0,3 %; 9 – поверхностная геотермальная энергия 4,2 %



Одним из наиболее перспективных направлений применения биогаза является производство из него электроэнергии. Могут быть рассмотрены четыре варианта организации переработки сельскохозяйственных отходов в биогаз, а затем в электроэнергию:

1. Биогазовая установка с электроагрегатом находится рядом с животноводческим комплексом.

2. Источники органического сырья рассредоточены по территории вокруг биогазовой установки с электроагрегатом.

3. Биогазовые установки с электроагрегатом рассредоточены по территории.

4. Биогазовые установки рассредоточены по территории вокруг электроагрегата.

Второй, третий и четвертый варианты характерны для переработки отходов небольших фермерских хозяйств. В первом варианте расположение биогазового реактора у животноводческого комплекса позволяет обеспечить его достаточным количеством органического сырья для получения биогаза. Животноводческий комплекс крупного рогатого скота должен ежедневно обеспечиваться кормовыми ресурсами.

Для загрузки биогазовой установки производственной мощностью по биогазу 250 м<sup>3</sup>/сут требуется иметь навоз от стада примерно в 200...220 голов, что потребует ежедневной доставки 12...14 т зеленых кормов, которые должны быть получены со 100...150 га пастбищ. С учетом распределения луговых трав в средней полосе России доставка кормов будет производиться в среднем на расстояние около 10 км, что потребует затрат на перевозку зеленой массы порядка 100...150 т·км ежедневно. Возврат на поля органического удобрения – эффлюента – также составит порядка

100...150 т·км ежедневно [16]. В результате суммарные энергозатраты на транспортировку составят около 250 т·км ежедневно.

Во втором варианте обеспечение биогазовой установки органическим сырьем потребует его доставки с территории из расчета суточной загрузки 8...9 т навоза крупного рогатого скота при средней протяженности доставки, как и в первом варианте, 10 км. В результате транспортная работа составит 80...90 т·км ежедневно. Возврат эффлюента на поля также составит около 80...90 т·км ежедневно. В результате суммарные энергозатраты на транспортировку составят около 170 т·км ежедневно, что на 80 т·км меньше, чем в первом варианте.

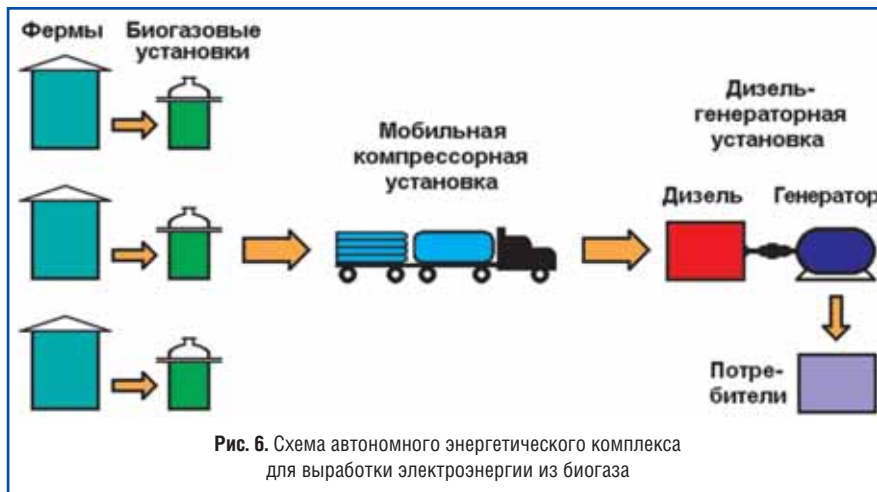
Третий вариант наименее предсказуем, так как производство электрической мощности пойдет в основном на покрытие собственных нужд. Он приведет к большим тепловым потерям, низкому электрическому КПД из-за малой мощности электроагрегатов и их работе не на полной нагрузке. Транспортные расходы могут составить на среднем расстоянии (около 1 км): на транспортировку зеленой массы около 12...14 т·км ежедневно и на транспортировку эффлюента столько же. В результате суммарные энергозатраты на транспортировку составят около 25 т·км ежедневно, что на 220 т·км меньше, чем в первом варианте, и на 140 т·км меньше, чем во втором.

В четвертом варианте транспортные расходы на зеленую массу и эффлюент будут такими же, как и в третьем, но для работы центрального электроагрегата потребуются доставка от рассредоточенных установок биогаза общим объемом 250 м<sup>3</sup>/сут на среднее расстояние около 30 км. Газ может доставляться в 25 газовых баллонах общим весом около 2 т, что

потребует энергозатраты на сбор и доставку газа около 60 т·км ежедневно. С учетом расхода энергии на доставку зеленой массы затраты будут около 90 т·км ежедневно. В результате по четвертому варианту при такой же эффективности получения электроэнергии, как в первом и втором вариантах, суммарные ежедневные затраты на транспортные работы будут ниже соответственно на 160 и на 80 т·км.

Из рассмотренных четырех вариантов организации переработки сельскохозяйственных отходов четвертый вариант получается наиболее подходящим. В соответствии с проведенным анализом рекомендуется следующая методика выработки электроэнергии из биогаза при использовании такой установки в крупном агропромышленном комплексе, состоящем из нескольких сельскохозяйственных объектов (животноводческие фермы и т.д.). Наиболее целесообразно получать биогаз непосредственно на этих объектах. Но поскольку на каждой ферме выход биогаза сравнительно невелик, предлагается использовать несколько биогазовых установок с относительно небольшим объемом генерируемого продукта. Для сбора этого биогаза предпочтительно использовать мобильную компрессорную установку, закачивающую газ в баллоны под высоким давлением (20...25 МПа). Эта мобильная компрессорная установка осуществляет сбор биогаза от локальных установок и доставляет его в компримированном виде (в баллонах) к стационарной дизель-генераторной установке, включающей дизельный двигатель, работающий на биогазе, и электрогенератор, вырабатывающий переменный электрический ток.

Несомненными преимуществами такой концепции является возможность бесперебойной выработки



электроэнергии из биогаза на установке, содержащей сравнительно мощный первичный дизельный двигатель, отличающийся высокой топливной экономичностью (двигатели небольшой мощности имеют невысокую топливную экономичность). При этом в качестве первичного двигателя для электрогенератора желательно использовать дизельный двигатель, работающий на биогазе с запальной дозой дизельного топлива. Другое преимущество предлагаемой концепции выработки биогаза – возможность работы стационарной дизель-генераторной установки на промышленную электрическую сеть, что сложно осуществить в мобильных дизель-генераторных установках.

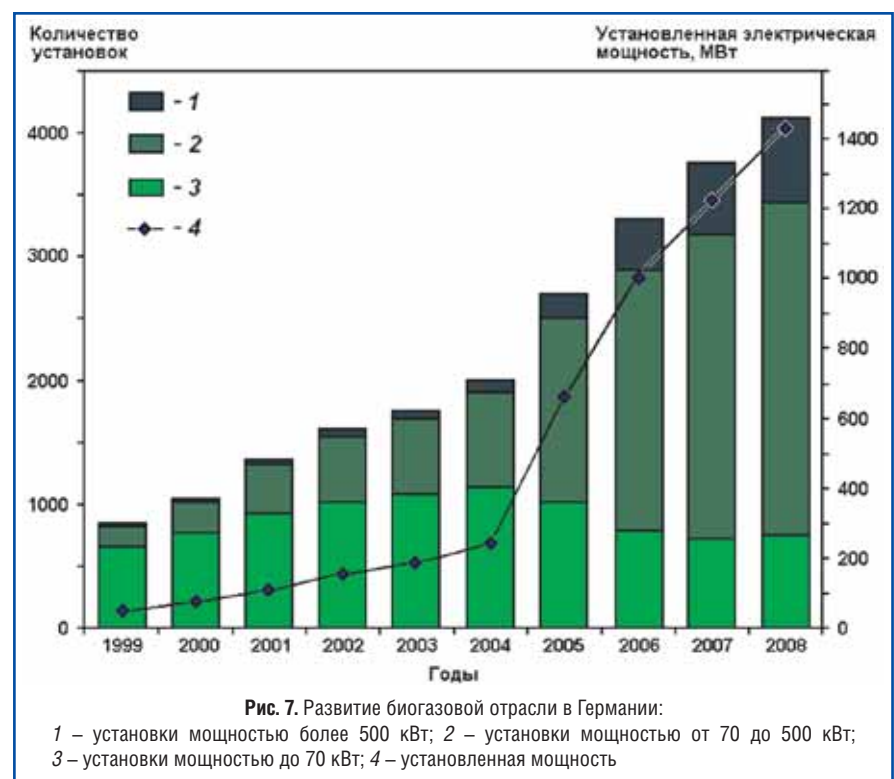
Таким образом, предлагаемый автономный энергетический комплекс для выработки электроэнергии из биогаза состоит из следующих автономных элементов (рис. 6). Локальные биогазовые установки, генерирующие биогаз, размещаются непосредственно у животноводческих ферм.

При проведении анализа целесообразности использования биогаза как альтернативного моторного топлива учитывалась имеющаяся сырьевая база для его производства. По имеющимся статистическим данным, в 2012 г. поголовье крупного

рогатого скота в России составило 21,3 млн голов (плюс еще 18, 8 млн голов свиней). При этом ежедневный выход бесподстилочного навоза (без соломы) от одной коровы составляет от 50 до 60 кг. Таким образом, годовой ресурс навоза крупного рогатого скота в России можно оценить на уровне от 350 до 400 млн т (плюс еще от 150 до 200 млн т навоза свиней).

Из одной тонны навоза крупного рогатого скота можно получить от 40 до 65 м<sup>3</sup> биогаза. Следовательно, потенциальное ежегодное

производство биогаза из этого вида сырья может составить около 30 млрд м<sup>3</sup> (около 20 млрд м<sup>3</sup> – из навоза крупного рогатого скота, около 10 млрд м<sup>3</sup> – из навоза свиней). С учетом того, что теплотворная способность одного кубометра биогаза составляет от 20 до 25 МДж/м<sup>3</sup> (в зависимости от содержания метана), сгорание такого количества биогаза эквивалентно сгоранию 20 млрд л бензина, 50 млн т дров или использованию 200 млрд кВт·ч электроэнергии. Для сравнения: 20 млрд л бензина – это около 15 млн т бензина, а в настоящее время в России ежегодно потребляется около 35 млн т бензина, около 55 млн т дизельного топлива и около 10 млн т керосина [17]. Конечно, представленные энергетические характеристики являются практически труднодостижимыми, но даже если удастся получить лишь несколько процентов такого энергетического потенциала, то это в значительной степени смягчит энергетические проблемы, стоящие перед Россией.



В целом, потенциал использования биогаза можно оценить следующими данными. В России агрокомплекс ежегодно производит 773 млн т отходов, из которых можно получить 66 млрд м<sup>3</sup> биогаза, или около 110 млрд кВт·ч электроэнергии. Общая потребность России в биогазовых заводах оценивается в 20 тыс. предприятий. Для сравнения – потенциал биогазовой индустрии Германии к 2030 г. оценивается в 100 млрд кВт·ч электроэнергии, что будет составлять около 10 % потребляемой страной энергии. При этом в настоящее время Германия является лидером по производству биогаза – число эксплуатируемых там биогазовых установок превысило 5 тыс., а число мощных установок (мощностью более 500 кВт) приблизилось к тысяче (рис. 7) [3].

В заключение необходимо отметить, что использование биогазов, получаемых из органической массы различного происхождения, как дополнительных возобновляемых источников энергии весьма перспективно. Применение биогазовых технологий не только обеспечивает экономию традиционных ископаемых топлив, но и способствует решению экологических задач, связанных с очисткой и обезвреживанием промышленных, городских и сельскохозяйственных отходов. Большие запасы потенциального альтернативного топлива, а также его энергетическая ценность делают возможным использование биогаза в качестве моторного топлива в двигателях внутреннего сгорания, являющихся наиболее распространенным типом тепловых двигателей.

*Статья публикуется при поддержке Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы».*

## Литература

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.А. Марков и др. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
2. Инновационное развитие альтернативной энергетики: Часть 1 / В.Ф. Федоренко, Н.Т. Сорокин, Д.С. Буклагин и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 348 с.
3. **Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М.** Биогаз: Теория и практика: перевод с немецкого. – М.: Колос, 1982. – 140 с.
4. Биогаз как альтернативное топливо / А.Н. Захарченко, П.И. Гаджиев, А.А. Захарченко и др. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – № 9. – С. 31-33.
5. **Суслов Д.Ю., Куцев Л.А.** Биогазовые технологии – современный способ переработки органических отходов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2010. – № 5. – С. 44-46.
6. **Захарченко А.Н., Захарченко А.А., Сатьянов С.В.** Источники получения биогаза // Сельский механизатор. – 2011. – № 2. – С. 30-31.
7. **Гонопольский А.М., Мурашев В.Е., Кушнир К.Я.** Выбор характеристик тепловой машины для сжигания биогаза на полигонах ТБО // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 7. – С. 36-38.
8. **Девянин С., Чумаков В., Белаль И.** Газ и удобрение из биоотходов // Сельский механизатор. – 2007. – № 9. – С. 12-13.
9. **Кириллов Н.Г.** Альтернативные виды моторного топлива из биосырья для сельскохозяйственной автотракторной техники // Достижения науки и техники в АПК. – 2002. – № 2. – С. 11-15.
10. Рециркуляционное анаэробное сбраживание отходов сельского хозяйства с выработкой биогаза / Т.Я. Андрюхин, Н.К. Свириденко, Ю.В. Савельев и др. // Биотехнология. – 1989. – Т. 5. – № 2. – С. 219-225.
11. Использование биогаза в качестве топлива для дизелей / С.Н. Девянин, В.Л. Чумаков, В.А. Марков и др. // Грузовик. – 2011. – № 11. – С. 32-43.
12. **Девянин С.Н., Чумаков В.Л., Марков В.А.** Биогаз – альтернативное топливо для дизелей // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 2. – С. 68-73.
13. **Куцев Л.А., Суслов Д.Ю.** Интенсивная технология переработки органических отходов в биореакторах барботажного типа // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2011. – № 1. – С. 40-42.
14. **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.
15. **Шимченко С.П., Эфрос В.В., Чернин С.Я.** Дизельный двигатель и биогаз, научный подход эффективного взаимодействия // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2012. – № 7. – С. 37-41.
16. **Попов Л.А.** Эксплуатация машинно-тракторного парка в агропромышленном комплексе. – Сыктывкар, 2004. – 152 с.
17. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов и др. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. – 536 с.

# Контейнерная транспортировка газа, как альтернативный способ решения вопросов энергетической безопасности

**А.М. Шендрик**, ГПУ «Шебелинкагаздобыча» (Украина),

**М.И. Фык**, НТУ «Харьковский политехнический университет» (Украина), к.т.н.

Рассматривается контейнерный способ транспортировки газа для потребителей малой и средней мощности как альтернатива трубопроводному транспорту. Приведены варианты организации схем газоснабжения на основе автомобильного и железнодорожного транспорта. Рассмотрены недостатки и преимущества обоих видов транспортировки газа, определены области их эффективного использования. Представлены перспективные варианты применения технологии в условиях энергетического или экономического кризиса, а также с учетом тенденций развития мировой энергетики. Авторы считают наиболее перспективной организацию транспортировки сжатого неподготовленного газа газоконденсатных месторождений в универсальных цилиндрических баллонах большого диаметра (до 1000 мм).

**Ключевые слова:** транспорт газа, добыча газа, потребление, транспортная логистика, цилиндрический контейнер, компрессор.

**П**риродный газ быстро становится базовым топливом в мире. Он дает в экологическом отношении сравнительно чистое горение, недорог, запасы его в изобилии и постепенно восстанавливаются в недрах. В настоящее время около 25 % энергетического баланса в мире формируется в результате сжигания природного газа. Он используется для отопления домов, приготовления пищи, производства электричества, в качестве топлива на транспорте, а также как сырье для химических промышленных перерабатывающих предприятий. Например, потребление газа автомобильным транспортом в прошлом году выросло на 20 % и будет продолжать увеличиваться как минимум на 10 % в год в течение следующих 10 лет. Большинство аналитиков предсказывают, что к 2020 г. 30 % энергии в мире будет поступать из природного газа.

Развитие газодобывающей промышленности тесно связано не только

с открытием и разработкой газовых месторождений, но и с формированием рынков потребления газа, созданием новых технологий его транспортировки и использования. На первых этапах становления газовой промышленности основными потребителями природного газа были бытовая сфера и производства, расположенные неподалеку от газовых месторождений. Газопроводы были небольшой мощности (диаметр 520...730 мм) с географией в пределах одного государства. Динамика добычи газа опережала динамику его потребления. Но появились более мощные газопроводы (1020...1420 мм) континентального значения, и начали образовываться новые рынки потребления газа, среди которых наиболее динамично развивались рынки государств Европейского союза, США, Китая.

Универсальность, экологичность, простота использования и относительная безопасность по сравнению

с такими энергоносителями как уголь, уран и нефть стали причиной переориентации и создания новых производств на основе использования природного газа в качестве базового топлива. Рост темпов потребления природного газа стал залогом конкурентоспособности и энергетической безопасности не только отдельных производств, но и целых государств, поэтому вопросы эффективной дифференцированной транспортировки газа к заказчику в ряде случаев приобретают стратегическое значение. Кроме того, в последнее время стала обостряться проблема уже истощенных газовых месторождений с развитой инфраструктурой потребления газа, для которых (по экономическим причинам) нецелесообразна транспортировка по мощным магистральным газопроводам. И число таких месторождений постоянно растет как на Украине, так и в других газодобывающих странах мира.

Существующая газотранспортная система большинства основных государств-экспортеров газа Евразийского континента базируется на трубопроводном транспорте и является в большинстве случаев наследием бывшего СССР. События последних лет продемонстрировали не только необходимость модернизации и восстановления системы, но и уязвимость «коллективной газовой трубы». В любое время все участники транспортировки газа (как экспортеры, так и импортеры) могут стать заложниками форс-мажорных обстоятельств, которые сложились на любом участке газопровода. Кроме того, наблюдается процесс образования новых, очень мощных рынков потребления природного газа – таких, например, как Китай и Индия. Проблему транспортировки и потребления гигантских объемов газа на дальние расстояния уже невозможно решить с помощью одной только газовой трубы. Поэтому вопрос диверсификации путей и средств транспортировки газа очень актуален в современной газовой промышленности.

Этот вопрос хорошо освещен практикой транспортировки компримированного природного газа (КПГ) по морю. Технология CNG (Compressed Natural Gas) – это новая перспективная технология транспортировки природного газа в сжатом виде на

судах специальной конструкции (суда CNG). Ее особенность состоит в том, что природный газ можно загружать на такие суда непосредственно с месторождения, а разгружать – непосредственно в потребительскую сеть. Это исключает значительные затраты на строительство морских трубопроводов или заводов по сжижению газа для доставки его на рынок судами LNG (Liquefied Natural Gas). Основным объектом капиталовложений в новой технологии являются сами суда CNG.

Наиболее привлекательна технология CNG для введения в коммерческий оборот морских (офшорных) месторождений природного газа. По многочисленным оценкам международных экспертов, транспортировка природного газа на судах CNG будет в 1,5-2,0 раза выгодней по сравнению с транспортировкой по морским трубопроводам или в сниженном виде на судах LNG при объемах поставок ПГ от 0,5 до 4,0 млрд м<sup>3</sup>/год на маршрутах протяженностью от 250 до 2500 морских миль. Это дает возможность наладить газоснабжение в горных и многоводных районах континентов, а также других отдаленных малогазифицированных регионах. Эта технология заслуживает особого внимания в случае разработки маломощных истощенных газовых и нефтяных месторождений и при добыче газа из малодебитных скважин.

Одной из известных альтернатив газовой трубы является контейнерная транспортировка компримированного газа. Развитие этого вида транспортировки газа связано с обслуживанием сравнительно незначительных и специализированных газовых потоков – заправка автомобильного транспорта, газоснабжение отдаленных и сложно доступных районов с относительно низкими объемами потребления. Но в современных экономических условиях с периодическими кризисными явлениями, ростом цен на энергоносители и обострением конкуренции между ведущими мировыми экономиками контейнерный способ перевозки может стать реальной альтернативой для малой и средней энергетики.

Если обратиться к структуре потребления природного газа, то следует отметить, что основные потребители ПГ – это электроэнергетика и крупная промышленность, на которые выпадает соответственно 24,4 и 32,3 % всего газа. Как правило, эти сегменты рынка представлены мощными электростанциями и заводами, для которых альтернативы газовой трубе нет. Исключением могут быть мощные системы поставок сжиженного газа. Но два других сегмента газового рынка – коммерческий и жилищно-бытовой (14 и 21,8 % соответственно) – не имеют таких жестких ограничений и



могут быть отнесены к малой и средней энергетике.

К особенностям коммерческого и жилищно-бытового сегментов газового рынка следует отнести значительные сезонные и другие колебания в потреблении, градицию в объемах и географии газоснабжения, чувствительность к ценовой политике газовых трейдеров. Все это делает газовую трубу не очень удобным способом газоснабжения и выдвигает в ряде случаев на передний план именно контейнерные средства транспортировки газа.

Следует отметить, что в настоящее время технология контейнерной перевозки газа на европейском континенте очень недооценена. На фоне значительных достижений контейнерного способа перевозки газа на территории Южной и Северной Америки в государствах Евразии эта технология имеет значительный инвестиционный и инновационный потенциал. В Европе, как правило, контейнеры используются для транспортировки сжиженных углеводородных газов (СУГ), производство которых нуждается в значительных капитальных затратах на строительство установок по сжижению и дегазации пропана.

Но опыт показал, что такая технология не позволяет перекрыть сезонные колебания спроса на энергоносители. А перевозки КПГ обычно ограничиваются обслуживанием сети

автомобильных метановых заправок (рис. 1а) и газообеспечением отдельных потребителей – небольших населенных пунктов и производств. Это связано со сравнительно незначительным парком газовых контейнеров, их малой вместимостью (рис. 1б) и значительной стоимостью природного газа при закупке у газовых трейдеров. Кроме того, следует отметить, что в основном используются автомобильные средства доставки контейнеров потребителям (рис. 1в).

Рассмотрим причины медленного развития контейнерных перевозок компримированного природного газа.

Следует отметить, что при подготовке метана к трубопроводной транспортировке, а СУГ к контейнерной производитель несет большие расходы. Ведь для получения СУГ газ надо сначала перевести из газового в жидкое состояние, потом с помощью сложных холодильных термобарокамер осуществить его транспортировку, а затем на спецоборудовании подготовить к реализации – регазифицировать. Что касается метана, то его следует не только очистить от гидратообразующих примесей [1], но и в течение всей трубопроводной транспортировки дополнительно компримировать на мощных газокompрессорных станциях (ГКС).

Использование контейнерной перевозки КПГ не требует такой

подготовки. Это главное преимущество такого вида транспортировки. Ведь требования к его качеству определяются потребителем и могут быть значительно занижены. Действительно, наличие высших углеводородных примесей в метане только поднимает его калорийность, жидкие примеси и вода легко удаляются из газа путем дренирования контейнера, и эта операция почти не нуждается в дополнительном оборудовании, а образование гидратов легко предотвратить добавлением незначительного количества метанола или простым обогревом редуцирующих элементов. Исключением могут стать только опасные или вредные примеси – сероводород, сера или оксид углерода.

Поэтому при контейнерной перевозке КПГ можно использовать технологию транспортировки неочищенного природного газа [2]. Это дает большое преимущество контейнерной перевозке перед другими видами транспортировки газа, поскольку являются экономические основания для разработки малых и истощенных газовых месторождений, упрощается транспортировка попутного газа с нефтяных месторождений, значительно расширяется география и способы газоснабжения вдоль газотранспортных магистралей. В настоящее время уже создан целый ряд компрессоров для контейнерной перевозки (рис. 2).



Рис. 2. Мировые образцы компрессорного оборудования для КПГ



Рис. 3. Мировые образцы контейнерных метановозов

Для изготовления современных газовых контейнеров используют трубы высокого давления диаметром 0,3...0,5 м. Это ограничивает в некоторой степени как объемы транспортировки, так и потребление газа.

Основной задачей для окончательного становления технологий контейнерных перевозок КПГ во многих странах Европы в настоящее время является создание универсального контейнера большой вместимости на базе стальных труб диаметром 0,5...1 м, который мог бы использоваться при перевозке газа автомобильным, железнодорожным или морским транспортом.

Следует отметить, что контейнерная перевозка компримированного природного газа уже достаточно известный в мире способ транспортировки КПГ (рис. 3). Уже даже существуют международные стандарты на 20- и 40-футовые баллоны с давлением до 2,5 МПа (ISO 11120) и до 20 МПа (DOT 3AAX 2900). В России разработаны

ТУ 2296-031-03455343-2009 на металлопластиковые баллоны большой вместимости для хранения и транспортировки природного газа. Стандарт содержит технические условия для производства блоков контейнеров на основе морских и железнодорожных контейнеров, которые подходят для перевозки автотранспортом (обычно фура-TIR). На основе этих стандартов корейская фирма NK Co., Ltd Korea уже наладила производство контейнеров для перевозки компримированного газа. Кроме того, в последнее время появились трубы значительных диаметров (1,22 м) с высоким рабочим давлением 22 МПа (производители Europipe и ЗАО «ОМК»). Их начали производить для уменьшения расходов на транспортировку газа и для таких проектов, как Nord Stream. Поэтому появилась возможность повысить вместимость контейнеров для транспортировки КПГ.

Рассмотрим пример использования универсальных контейнеров

с высоким давлением (до 25 МПа). При полной загрузке в контейнерах фирмы NK Co., Ltd Korea можно перевозить автомобилем до 5300 м<sup>3</sup> КПГ (рис. 4). А это соответствует месячной потребности небольшого поселка в летний период года или суточной добыче газа малодебитной скважины. Использование таких метановозов позволяет проводить разработку даже небольших газовых месторождений с малым числом скважин. А при наличии дополнительного оборудования на раме контейнера – газомотокомпрессора незначительной мощности, одоризационной метанольной установки – можно вообще обходиться без стационарных установок подготовки газа [3]. Такие системы позволяют обеспечить не только добычу газа, но и его транспортировку, а также реализацию мелким потребителям (населенные пункты, передвижные строительные и военные бригады, лагеря экспедиций, кочевники и т.д.).



Рис. 4. 20- и 40-футовые контейнеры фирмы NK Co. Ltd





Рис. 5. Газовые контейнеры фирмы Galileo

Кстати уже есть опыт использования близких аналогов в отдельных уголках планеты. Аргентинская фирма Galileo использует газовые контейнеры высокого давления для газоснабжения отдаленных районов страны, куда прокладывать газопровод экономически нецелесообразно (рис. 5). Но здесь используются контейнеры, собранные на основе большого числа элементов малой емкости, а газ для компримирования и транспортировки берется подготовленный (из газопровода). Эта технология получила название «виртуальная труба» и показала очень хорошие практические результаты. Но для влажного газа она непригодна, ведь из большого количества топливных элементов сложно дренировать конденсат и примеси.

Использование автомобильного транспорта для контейнерных перевозок КПГ оправданно в случае оперативного газоснабжения относительно небольших потребителей, которым требуются незначительные объемы газа, особенно вдоль магистральных газопроводов.

Для увеличения объемов контейнерных перевозок КПГ более подходят автопоезда, железнодорожный и морской транспорт.

Использование железнодорожных платформ позволяет увеличить число контейнеров в одной сборке и расстояния транспортировки. Развитая сеть железных дорог, небольшие удельные

затраты на перевозку грузов и отработанная система управления транспортными потоками делают этот способ транспортировки очень привлекательным для организации газоснабжения потребителей коммерческого и жилищно-коммунального сегментов газового рынка. Кроме того, существует возможность организации для крупных потребителей отдельных специализированных газотранспортных железных дорог с ограниченными сроками существования или сезонными технологическими циклами. Преимуществом таких дорог является сравнительно низкая стоимость строительства – с учетом самой дороги, железнодорожных платформ, тепловозов и контейнеров дешевле в 1,5-2 раза. Кроме того, после истощения

месторождений – источников сырого и подготовленного газа – железную дорогу можно легко демонтировать, реорганизовывать логистику или использовать для других целей.

Если в качестве топлива для поездов использовать метан, то затраты еще можно снизить.

Если принять, что в составе поезда будет 80 платформ, то при загрузке одной платформы двумя контейнерами (высота контейнера 1,4 м, ширина 2,4 м) получим 850 тыс. м<sup>3</sup> газа на один рейс состава. При максимальной загрузке железной дороги один состав в полчаса получится 41,487 млн м<sup>3</sup>/сут, а в год около 15 млрд м<sup>3</sup> – это приблизительно мощность такой газовой артерии. При расходе таким составом 300 м<sup>3</sup> метана на 100 км пробега получим затраты 0,035 % от газа транспортировки, на 1000 км – 0,35 %, на 10000 км – 3,5 %. Для сравнения – транспортировка газа по газопроводу на 10 тыс. км потребует строительства более 50 компрессорных станций, а в зависимости от гидравлических потерь давления и неудачного подбора мощностей станций эта цифра может быть значительно больше [4]. Поэтому при сравнении с этими видами транспортировки газа

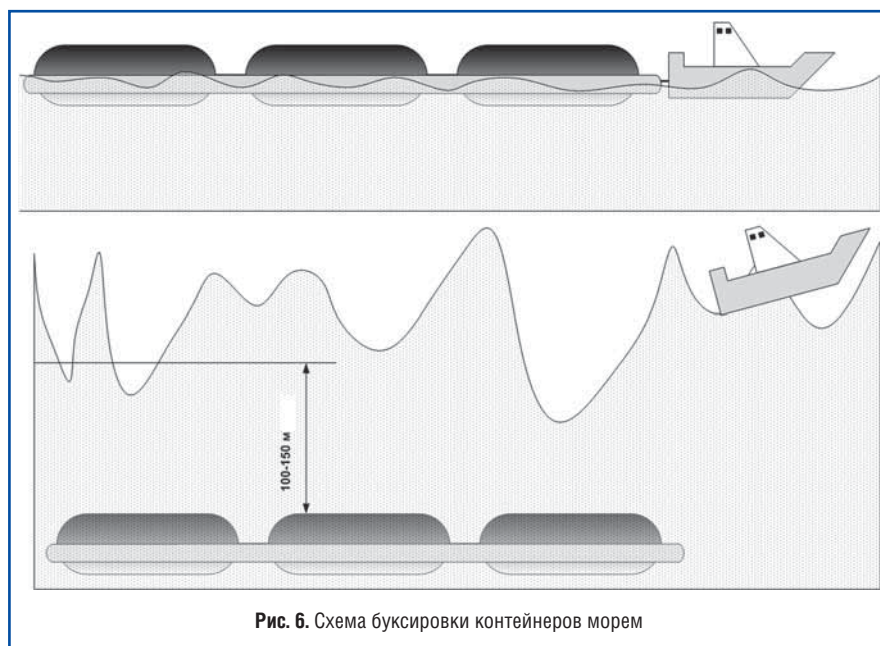


Рис. 6. Схема буксировки контейнеров морем



железнодорожный транспорт имеет свои преимущества, особенно для нерегулярных и неустановившихся трафиков углеводородного потока.

Следует отметить, что в случае технических проблем (аварии, ремонты, техническое обслуживание) потери товарного газа по сравнению с газопроводом значительно меньше, а безопасность выше. Кроме того железнодорожные контейнерные перевозки КПГ значительно гибче в управлении, что в условиях экономического кризиса может стать решающим фактором как для газодобывающих предприятий, так и для трейдеров и потребителей в вопросах сохранения конкурентоспособности.

Экономичность обратных рейсов можно повысить за счет транспортировки продуктов очистки газа после его использования (газовый конденсат, нефть, вода) и добавления вагонов с другими товарами и материалами (сырье, местная продукция, военные дислокации, научные и строительно-технические перевозки).

Использование морского транспорта всегда отличалось от других видов низкой стоимостью. Кроме использования классических [5] судов-газовозов для СУГ и контейнеровозов, существует возможность буксировки сборок контейнеров непосредственно по воде (рис. 6).

Такая схема имеет много преимуществ:

- неограниченное число контейнеров;
- возможность отсоединения сборки контейнеров и ее управляемого погружения (см. рис. 6) для защиты от океанских волн в случае аварии или шторма;
- возможность перевозки дополнительных грузов;
- использование на небольших водных артериях с малой глубиной и болотах, а также на малых морских газовых месторождениях (рис. 7).

Эта технология приемлема как для мощных морских газовых месторождений (Штокмановское, Северное/Южный Парс), так и для небольших или истощенных, а также для нефтяных с наличием сопутствующего газа.

Чтобы построить магистральный трубопровод для транспортировки газа, нефти или другого жидкого или газообразного продукта, необходимо иметь уверенность, что такой продукт есть или скоро появится на одном конце этой магистрали, а на другом конце найдутся его покупатели. Строительство магистрального трубопровода – мероприятие не дешевое. Кроме того, трубопроводы с горючими и газообразными веществами могут взрываться, принося вред людям и окружающей среде. Поэтому в окупаемость этой магистрали следует включать и затраты на ликвидацию возможных катастроф. А главное: построенный магистральный трубопровод должен

приносить прибыль, в первую очередь тем, по чьей земле он проложен. Поэтому в торговле нефтью или природным газом все начинается с определения варианта транспортировки продукта к потребителю в соответствии с разными технико-экономическими вариантами [6]. А в стоимость нефти и природного газа, кроме расходов на их добычу, значительной составляющей входят затраты на их транспортировку. Оптимальный выбор возможен только в условиях широкого выбора этих вариантов и наличия условий их воплощения.

Классическая модель прогнозирования и выбора оптимального варианта транспортировки представлена на рис. 8.

Сделаем предположение о необходимости транспортировки газообразного углеводородного сырья в объеме 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут по существующим магистральным газо- (МГ) и нефтепроводам (МН), по распределительным магистралям (РМ), а также средствами местных транспортных перевозчиков и сети газопроводов низкого давления на расстояние 100 км.

Расход энергии на транспортировку углеводородного сырья насосно-компрессорным оборудованием по стандартным магистралям составляет около 8...12 % энергоресурсов потока (среднее значение  $W_{\text{ср МГ}}$  – 10 %), по распределительным сетям и сетям низкого давления – около

3...5 % энергоресурсов потока (среднее значение  $W_{\text{ср. ПМ}} - 4 \%$ ). То есть общие расходы условного топлива составляют в среднем 15 % энергоресурсов потока в государствах бывшего СССР согласно свидетельствам классических учебников нефтегазового дела и экспертной оценке авторов данной работы и их коллег, имеющих опыт 30-летней работы в этой области. При транспортировке на общее расстояние 200 км (100 км по МГ и 100 км по местным сетям) углеводородного сырья с предварительной подготовкой, промежуточной очисткой и повышением давления затраты составят:

$$W_{\text{ср. МГ}} + W_{\text{ср. ПМ}} = (10 + 4) / 2 = 7 \%$$

Расходы на контейнерную перевозку состоят из затрат на закупку и эксплуатацию транспортных средств, а также условного топлива. Автотранспортные предприятия, занимающиеся перевозками нефтепродуктов по Украине, предоставили авторам цифры усредненных затрат топлива в пересчете на сырой легкий нефтепродукт (СЛН)  $V_{\text{т}} = 30...50$  л на 100 км пути. При среднем пробеге автомобиля 10...30 тыс. км/год объем топлива в пересчете на цену амортизации составит  $V_{\text{ам}} = 100...140$  л на 100 км пути

грузовика. Средний показатель расходов на эксплуатацию  $V_{\text{экс}} = 30...70$  л на 100 км пути. Делаем общую усредненную оценку в натуральных единицах:

$$V_{\text{ср. т}} + V_{\text{ср. ам}} + V_{\text{ср. экс}} = 20 + 120 + 50 = 190 \text{ л СЛН/100 км.}$$

Для 200 км контейнерной перевозки мы получаем расход СЛН  $V_{\text{ср. усл. т}}$ :

$$V_{\text{ср. усл. т}} = 190 \times 2 = 380 \text{ л СЛН/сут.}$$

При заказе на перевозку ( $V_{\text{сут}}$ ) 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут, что может быть сезонной или срочной потребностью небольшого бытового или промышленного потребителя, расход в топливном эквиваленте умножится на необходимое число грузовиков  $N_{\text{груз}}$  (для влажного природного газа будет достаточно двух) или железнодорожных вагонов  $V_{\text{ср. усл. т. общ}}$ :

$$V_{\text{ср. усл. т. общ}} = V_{\text{ср. усл. т}} \times N_{\text{груз}} = 380 \times 2 = 560 \text{ л СЛН/сут.}$$

Пересчет объема сырого легкого нефтепродукта на объем природного газа (ПГ) стандартной калорийности по средним рыночным ценам на АЗС и АГНКС Украины в 2010-2012 гг. составит

$$V_{\text{т. СЛН}} / V_{\text{т. ПГ}} = K_{\text{т. экв}} = 1:3,5.$$

Вычисляем условный расход природного газа на 100 км пути при контейнерной перевозке без учета

расходов на промышленное компримирование:

$$W_{\text{ср. кмп}} = V_{\text{ср. усл. т. общ}} / V_{\text{доб}} / K_{\text{т. экв}} = (560 \times 3,5) / 100000 = 2 \%$$

Для данного примера примем расходы на компримирование 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут сырого природного газа с помощью устьевого компрессора (от 1,0...2,0 до 4,0...6,0 МПа). Согласно промышленной практике Украины, на компрессорных станциях (КС)  $W_{\text{ср. КС}} = 3...5 \%$ .

Суммарные проценты расходов составят

$$W_{\text{КПГ}} = W_{\text{ср. КПГ}} + W_{\text{ср. КС}} = 2 + 4 = 6 \%$$

То есть при наличии срочных и сезонных изменений в логистике неподготовленного газа контейнерная доставка КПГ потребителю в объеме от 100 тыс. м<sup>3</sup>/сут на расстояние 200 км по стоимости является конкурентоспособной и даже по отдельным технологическим и экологическим аспектами приемлемее. К тому же при использовании систем дискретного и целевого газоснабжения значительно уменьшается риск допустить ошибку при составлении контрактов на газоснабжение и планировании газовых потоков. Поэтому мобильность и динамичность этой формы транспорта, а также значительная гибкость объемов газа, предлагаемого к перевозке, делают контейнерную перевозку конкурентной по отношению к газотранспортной системе.

Кроме того, следует учитывать технические расходы и риски, связанные с диагностикой, ремонтом и модернизацией газовой трубы и всего оборудования при ней. Любая техническая проблема может вывести очень значительные мощности и участки газотранспортной системы и осложнить выполнение контрактных обязательств, в то время как контейнерные перевозки значительно меньше уязвимы от таких осложнений, ведь

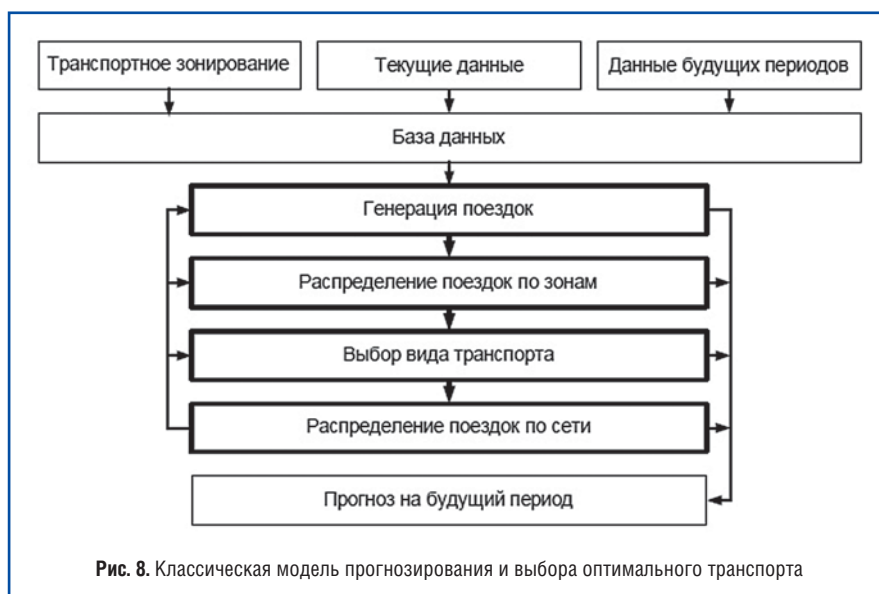


Рис. 8. Классическая модель прогнозирования и выбора оптимального транспорта

вывод на ремонт даже целого поезда не повлияет на общие перевозки так, как остановка целого газопровода.

В мире на газовом рынке, кроме государственных компаний, все больший вес приобретают независимые финансовые игроки – товарно-сырьевые биржи, газовые трейдеры, газотранспортные консорциумы. Этому очень способствует интенсивное развитие таких финансовых инструментов, как своп-соглашения, фондовый рынок, инвестиционные фонды. Для таких агентов гибкость технической системы газоснабжения, оперативность ввода новых мощностей и возможность оперативной переориентации газовых потоков играет решающую роль.

Следует отметить, что сама форма добычи, подготовки и транспортировки природного газа с помощью контейнеров различной вместимости несет в себе большой потенциал диверсификации путей, средств транспортировки и использования газа, значительно расширяет возможности коммерциализации газотранспортных поставок в Европу, позволяет применять такие варианты финансирования, какие не подходят для гигантских газотранспортных контрактов. Все это позволяет расширить географию газодобывающей промышленности, увеличить глубину разработки как классических

газовых месторождений, так и месторождений с трудно добываемыми запасами (например, залежи сланцевого газа). Открывается доступ мелкому бизнесу (например, производство зажигалок или спреев), среднему бизнесу (тепловые сети) и производствам государственного назначения.

На поздней стадии эксплуатации месторождений, а также для удаленных малодебитных скважин минимальным требованием станет установление мобильного специализированного компрессорного оборудования, которое достаточно широко распространено на нефтегазовом рынке и уже сегодня производится многочисленными компаниями.

Очень показателен пример рыночных процессов на Украине. При годовой перекачке газа через Украинскую ГТС 179 млрд м<sup>3</sup> расход топливного газа составляет 6 млрд м<sup>3</sup> (3,3 %). При удачном использовании альтернативных видов транспортировки газа эта цифра может быть ощутимо снижена, ведь структура потребителей газового рынка очень многогранна, а ГТС предназначена для транспортировки гигантских объемов газа. Удачная интеграция в систему газоснабжения альтернативных видов транспортировки может дополнить украинскую ГТС и сделать ее более конкурентоспособной [7]. Особенно это видно

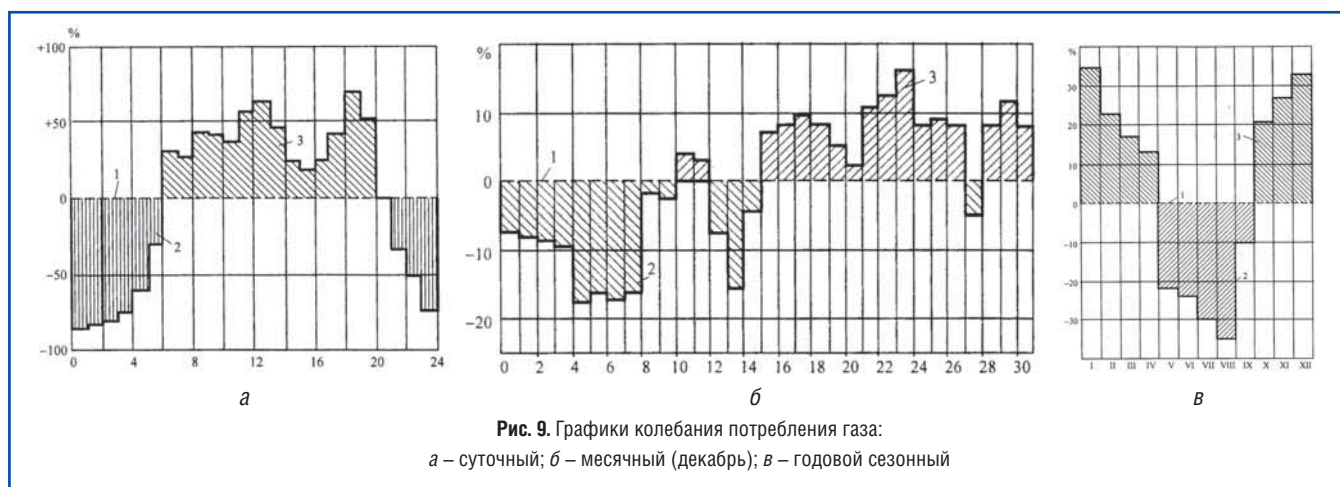
по графикам колебания уровней потребления газа [7], которое имеет свою цикличность, зависит от фазы суток (рис. 9а), дня месяца (рис. 9б), даже месяца в году (рис. 9 в).

Эти колебания перекрываются изменением режимов работы газовых хранилищ Украины, но мощность оборудования ГТС настолько велика, что очень сложно использовать ее для реагирования на все изменения спроса малых и средних газовых потребителей. Кроме того, формирование новых газовых источников и рынков делает газовую трубу очень уязвимой от мировых колебаний спроса на газ. Поэтому у контейнерного способа транспортировки газа с уменьшенной металлоемкостью (из труб большого диаметра) есть значительный рыночный сегмент на газовом рынке Украины и неплохие перспективы развития в мире.

Таким образом, в заключение можно сделать следующие выводы:

1. Становятся более выгодными перевозки сырых и подготовленных газообразных сжатых углеводородов не только морем и автомобильным транспортом, но и железнодорожными путями.

2. От большинства газоконденсатных месторождений на поздней стадии эксплуатации можно перевозить природный газ высокого давления, полученный с помощью компрессоров



на газодобывающем промысле. При этом промышленному потребителю во многих случаях потребуется только редуцирование газа до давления потребления.

3. Продукцию высокого давления стало выгоднее перевозить грузовиками и дооборудованной железной дорогой из отдаленных или новых месторождений в период их исследования (в условиях повышения цены на газ), чем сжигать газ на факеле и отчислять экологические штрафы.

4. Разработка универсальных средств контейнерной перевозки углеводородной продукции приобретает стратегическое значение для многих добывающих и транзитных государств мира.

5. Экономически обоснованные расстояния контейнерной транспортировки газа увеличиваются до 200...500 км на сухопутных магистралях.

## Литература

1. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения: ГОСТ 5542–87 (действует с 01-01-1988). – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 6 с.

2. Пат. 34473 Україна. <sup>(19)</sup>UA <sup>(11)</sup>34473 <sup>(13)</sup>U <sup>(51)</sup>7 E21B43/00. Спосіб видобутку і підготовки природного газу / Фесенко Ю.Л., Фик І.М., Шендрик О.М.: заявники та патентовласники. – u200803684; заявл. 24.03.2008; опубл. 11.08.2008. – Бюл. № 15.

3. Пат. 38010 Україна. МПК (2006) F17C 5/00. Пристрій для підготовки і транспортування природного газу / Фесенко Ю.Л., Фик І. М., Шендрик О. М.: заявники та патентовласники. – u200803681; заявл., 24.03.2008; опубл. 25.12.2008. – Бюл. № 24.

4. **Козаченко А.Н.** Энергетика трубопроводного транспорта газов / Учеб. пособие. – М.: Нефть и газ, 2001. – 400 с.

5. **Зайцев В.В.** Суда-газовозы / В.В. Зайцев, Ю.Н. Коробанов. – Л.: Судостроение, 1990. – 304 с.: ил.

6. **Кологривов М.М.** Инфраструктура і режими експлуатації систем газонафтоперевозки / Навчальний посібник. – О. Видавничий центр ОДАХ, 2009. – 60 с.

7. **Фик І.М.** До питання вибору базових стратегій технічного переозброєння газотранспортних підприємств із енергетичної точки зору / І. М. Фик., М. І. Фик // Нафтова і газова промисловість. – 2008. – № 6. – С. 41-44.

# БАЛСИТИ

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

РЕКЛАМА



## ПРОДУКЦИЯ

### АВТОМОБИЛЬНЫЕ БАЛЛОНЫ ДЛЯ СУГ:

Тороидальные и спаренные баллоны – от 42 до 95 л  
Цилиндрические баллоны – от 30 до 220 л

### ГАЗГОЛЬДЕР 480 л



г.Москва, 119071, Ленинский проспект 29,  
офис № 628 +7 (495) 955 41 95  
balcity@balcity.ru [www.balcity.ru](http://www.balcity.ru)

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

# Моторный газ покоряет Кавказ!

**Е.П. Фоменко**, заместитель службы по связям с общественностью и СМИ ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»,  
**А.И. Тыльчак**, специалист службы по связям с общественностью и СМИ ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»

Рынок газомоторного топлива выходит на новый уровень развития. По всей стране строятся новые автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), растет число переоборудованных для работы на природном газе автомобилей. А в ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» недавно приветствовали 30-миллионного клиента АГНКС.



На АГНКС-1 г. Ставрополя



Выставка большегрузных автомобилей, работающих на метане, на площадке АТП-1 в Ставрополе



Переведенный для работы на метане автомобиль с табличкой, рассказывающей о преимуществах КПГ



Алексей Завгороднев поздравляет 30-миллионного клиента станции Елену Филипович

«Газпром трансгаз Ставрополь» занимает одно из ведущих мест в Газпроме по реализации компримированного природного газа (КПГ). В Обществе функционирует 13 АГНКС суммарной мощностью 4,45 тыс. заправок в сутки. За последние три года реализовано 160 млн м<sup>3</sup> КПГ. В среднем загрузка АГНКС Общества составляет 60 % проектной производительности – это один из лучших показателей в Группе Газпром.

В ближайших планах – возведение десяти заправок и пяти пунктов по переводу автотранспорта (ППА) для работы на компримированном природном газе в соответствии с комплексной программой, которую Общество реализует совместно с правительством Ставропольского края.

В рамках этой программы завершается строительство АГНКС в с. Казьминском Ставропольского края. Местоположение ее максимально приближено к потребителю. Ведь станция, кроме прочего, будет обслуживать СПК колхоз-племзавод «Казьминский». Преобладающее большинство техники этого крупного сельскохозяйственного производства переведено на природный газ.

Для проведения торжественной встречи 30-миллионного клиента определили АГНКС-1 г. Ставрополя. Выбор этот был не случайным. С ввода в эксплуатацию именно этой станции в 1985 г. началась история развития сети АГНКС Общества. И выглядела газозаправка номер один в 90-е годы совсем иначе. С тех пор внешний вид станции сильно изменился. А в день своеобразного юбилея, к которому готовились заранее, на объекте царил праздничная атмосфера.

На территории станции была организована выставка легковых и пассажирских автотранспортных средств, переоборудованных на метан. Возле каждого автомобиля – информационная табличка, разъясняющая потребителям экономическую выгоду установки и эксплуатации газобаллонного оборудования.

Здесь же, на выставке, в ожидании 30-миллионного клиента директор филиала Общества «Кавказавтогаз» Александр Воробьев показал и вкратце пояснил журналистам принцип работы переоборудованного на природный газ автомобиля.

Концепцию развития газомоторного бизнеса как перспективного сегмента энергетического рынка в России, успевшего подтвердить свою экономическую состоятельность, представил генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» Алексей Завгороднев. Он особенно выделил безусловную пользу для природы переведенных на газ автомобилей, особенно в крупных городах и на магистралях. «Около 80 стран в настоящее время используют метан на транспорте. Дело – в его экономичности, но не только, – подчеркнул Алексей Завгороднев.

– Природный газ остается самым экологичным видом автомобильного топлива. В этом смысле ему пока нет альтернативы».

Журналисты переместились во внутренние помещения станции. В пункте по переводу автотранспорта на КПГ слесарь-ремонтник V разряда Юрий Ульянов завершал диагностику газобаллонного оборудования на Audi. Это один из четырех ППА, действующих в ООО «Газпром трансгаз Ставрополь».

Затем гостей мероприятия пригласили посетить сердце станции – помещение щитов управления. Слесарь КИПиА Николай Белых рассказал об управлении технологическими процессами.

Тем временем оператор Юрий Харламов вел счет заправившимся клиентам станции. 30-миллионным клиентом оказалась автолюбитель Елена Филипович, преподаватель одного из ставропольских вузов. Елена сильно удивилась, заметив наведенные на нее объективы теле- и фотокамер, микрофоны и услышав громкий голос из динамика, объявивший, что на колонке № 6 заправляется 30-миллионный клиент. На этом сюрпризы для Елены не закончились. Алексей Завгороднев, поздравив юбиляра, вручил ей сертификат с правом на 30 бесплатных заправок и подарок – навигатор с встроенным видеорегистратором, в память которого внесены адреса всех АГНКС Общества.

«Вот пример из моей жизни, – рассказала журналистам Елена Филипович. – Каждый год езжу с семьей на черноморские курорты. Когда машина была на бензине, тратили на заправку 2–3 тысячи рублей. В этом году всего 500 рублей. Почувствуйте разницу, как говорится. И нареканий насчет «поведения» автомобиля на дороге у меня тоже нет».

В течение всего праздничного мероприятия АГНКС-1 в Ставрополе не останавливалась ни на минуту, продолжала заправлять автомобили. Кипела работа и на пункте перевода автотранспорта для работы на КПГ. Специалисты ППА продолжали монтаж газового оборудования на автомобили. Все операции выполнялись с учетом пожеланий хозяина, в частности, заправочное устройство устанавливалось в удобном для клиента месте. Чаще всего – это подкапотное пространство. Реже автовладелец выбирает багажник и даже, вспоминают мастера, место под бампером.

Полным ходом шло переоборудование автомобиля марки Hyundai Elantra на природный газ. Было определено место расположения газового оборудования, электронного блока управления и др. узлов. После монтажа оборудования остается последний, но важный штрих – точнейшая диагностика и, если необходимо, отладка установленной системы с помощью специальных компьютерных программ. Это задача для инженера Андрея Владимировича, который должен быть убежден в качестве работы каждого технологического звена.

Автомобиль, работающий на природном газе, легко можно перевести на режим «бензин – газ», всего лишь нажав на кнопку. После завершения монтажа нужно испытать работу топливной системы. Тест-драйв подтверждает – система работает без сбоев. Владельцу автомобиля выдаются сертификаты, гарантирующие качество выполненных работ и установленного оборудования, и документы для подачи в ГИБДД.

Процесс перевода автомобиля на КПГ завершен. Он занял четыре дня. В среднем за год на четырех ППА ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» переоборудуются до 300 автомобилей.



Слесари-ремонтники V разряда Александр Лисянов и Юрий Ульянов устанавливают баллон



Установка редуктора для регулирования уровня давления газа



Слесарь-ремонтник IV разряда Александр Новак устанавливает рампу форсунок для подачи топлива в двигатель



Мастера крепят газоподводящую трубку под днище автомобиля



Диагностика переоборудованного автомобиля

# Газозаправка транспорта

**Васильев Ю.Н., Гриценко А.И., Чириков К.Ю.**

Газозаправка транспорта. – М.: Недра, 1995. – 436 с.

Цена 88 руб.

УДК 656.062.67.8:662.76

ББК 31.354



**В**ажная роль в осуществлении стратегии экономического развития России принадлежит топливно-энергетическому комплексу. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – одна из главных задач народного хозяйства. Крупным потребителем ТЭР является транспорт. Преобладающий тип энергетических установок на наземном и водном транспорте – двигатели внутреннего сгорания (ДВС), использующие жидкое нефтяное топливо. В условиях резкого сокращения добычи нефти и роста стоимости нефтяных топлив использование альтернативных видов топлива становится как никогда актуальным. И здесь на первый план выходит газовое моторное топливо (ГМТ). Создание межгосударственной системы обеспечения транспорта газомоторным топливом позволит повысить эффективность экономики и снизить ущерб, наносимый окружающей среде и населению выхлопными газами автомобилей.

Наряду с созданием системы использования в качестве моторного топлива компримированного природного газа выполнен большой объем исследовательских и опытно-промышленных работ по организации производства сжиженного природного газа и использования его на транспорте.

В книге рассмотрены различные виды газовых моторных топлив (КПГ, СПГ, СУГ), их теплотехнические свойства и эффективность замены ими нефтяных моторных топлив, а также области применения ГМТ на транспорте. Основное внимание уделено заправке автомобильного транспорта – блочно-контейнерным, моноконтейнерным и централизованным АГНКС, передвижным автогазозаправщикам (ПАГЗ). Выполненными во ВНИИГАЗе и других организациях исследованиями доказано, что в рамках создаваемой системы наиболее эффективна организация комплексов из стационарной АГНКС и нескольких ПАГЗов, обеспечивающих повышение загрузки заправочных станций, ликвидацию холостых пробегов и значительное снижение издержек на производство газомоторного топлива. В книге также есть главы, посвященные особенностям заправки газом в городских условиях, газоснабжению железнодорожного, водного и воздушного транспорта, а также газобаллонному оборудованию. Освещены вопросы экологии и техники безопасности при использовании ГМТ.

Издание предназначено для инженерно-технических работников предприятий нефтяной, газовой, автомобильной и других отраслей промышленности.

По вопросам приобретения изданий обращаться в Редакционно-издательский отдел ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Возможна оплата по наличному и безналичному расчету.

---

Тел. /факс: +7 (498) 657- 41-73

E-mail: [A\\_Luzhkova@vniigaz.gazprom.ru](mailto:A_Luzhkova@vniigaz.gazprom.ru), [vesti\\_gas@vniigaz.gazprom.ru](mailto:vesti_gas@vniigaz.gazprom.ru)



# Выставка GasSUF снова подтвердила свой высокий уровень

С 15 по 17 октября в Москве в павильоне № 75 ВВЦ состоялась 11-я Международная выставка «Газ на транспорте» / GasSUF. Организатором этого мероприятия выступила Международная выставочная компания MVK в составе Группы компаний ITE, лидирующей на российском рынке выставочных услуг.



Открытие выставки

**G**asSUF – единственная в России специализированная выставка по использованию газа на транспорте, предоставляющая возможность профессионалам отрасли ознакомиться с последними разработками производства газотопливной и газобаллонной аппаратуры, методами переоборудования транспорта для работы на газовых видах топлива, оборудованием для АГЗС и АГНКС.

В приветственном слове заместителя министра транспорта Российской Федерации Николая Асаула, направленном в адрес гостей и участников выставки GasSUF 2013, говорилось: «Автомобили, работающие на газе, являются сегодня одним из самых перспективных видов транспорта, недаром на это топливо перешли уже более 80 стран мира. Выставка GasSUF является площадкой, на которой специалисты в области производства газомоторной техники и оборудования, проектировщики инфраструктуры, а также конечные потребители встречаются для решения таких актуальных вопросов, как снижение таможенных пошлин на газомоторное оборудование и комплектующие, переоснащение автопарка общественного и коммунального транспорта. Выставка демонстрирует новейшие разработки отечественных и зарубежных производителей газомоторной техники и оборудования, инновационные материалы и технологии, отвечающие стандартам энергосбережения и экологичности. Уверен, что выставка GasSUF внесет свой вклад в дело решения задач по переводу общественного транспорта и специализированной коммунальной техники на газовое топливо, а также будет способствовать популяризации газомоторного автотранспорта среди наших граждан».

конечные потребители встречаются для решения таких актуальных вопросов, как снижение таможенных пошлин на газомоторное оборудование и комплектующие, переоснащение автопарка общественного и коммунального транспорта. Выставка демонстрирует новейшие разработки отечественных и зарубежных производителей газомоторной техники и оборудования, инновационные материалы и технологии, отвечающие стандартам энергосбережения и экологичности. Уверен, что выставка GasSUF внесет свой вклад в дело решения задач по переводу общественного транспорта и специализированной коммунальной техники на газовое топливо, а также будет способствовать популяризации газомоторного автотранспорта среди наших граждан».





В 2013 г. с экспозицией выставки ознакомились 1875 специалистов отрасли из 23 стран мира и 63 регионов России, что на 40 % больше, чем в 2012 г. Доля первых лиц компаний от общего числа посетителей выставки составила 25 %.

Площадь выставочной экспозиции GasSUF 2013 увеличилась более чем на 60 % по сравнению с прошлогодними показателями и составила 3300 м<sup>2</sup>. Участниками выставки стали 85 ведущих российских и зарубежных компаний из 15 стран мира: КАМАЗ, «Русские Автобусы – Группа ГАЗ», «Коммерческие автомобили – Группа ГАЗ», Wayne, Schwelm Anlagentechnik, Kimako, Fornovo Gas, «Промэнергомаш», «Ленпромавтоматика», Vítkovice Machinery Group, «Логаз-авто», Rotor, Kosta Gas, Lovato, Global Gas, xperion Energy & Environment, Versus Gas, Tulsa Gas Technologies, World Power Tech Co, Stork, Iveco, Yutong и многие другие.

«Группа ГАЗ», крупнейший в России производитель коммерческого транспорта, продемонстрировала на выставке GasSUF 2013 три модели экологически чистого транспорта – автобусы ЛИАЗ-5292, КАВЗ-4238 и ПА3-320412, приспособленные для работы на природном газе. Кроме того, на выставке был представлен один из первых серийных образцов модели «ГАЗель-Бизнес CNG» с битопливными двигателями УМЗ-421647, работающими на сжатом природном газе (КПГ) и бензине. Все компоненты газобаллонной системы «ГАЗель-Бизнес CNG» сертифицированы в соответствии с требованиями правил ЕЭК ООН 67(01) и одобрены к применению в странах ЕС.

В рамках деловой программы выставки GasSUF состоялась конференция «Инновационные проекты в области расширения использования сжатого и сжиженного природного газа и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива для автотранспортных средств, дорожно-строительных и сельскохозяйственных машин».

Участники конференции обсудили следующие актуальные темы отрасли:

- Опыт реализации программ развития перевода коммунального и общественного транспорта на природный или нефтяной газ.
- Механизмы повышения инвестиционной привлекательности перевода коммунального и общественного транспорта на природный или нефтяной газ.
- Инновационные технологии, материалы и оборудование для обеспечения разработки и производства газовых ДВС, газовых топливных систем для перевода коммунального и общественного транспорта на природный или нефтяной газ.
- Решение проблем унификации инновационных газовых топливных систем и газовых ДВС в Российской Федерации.

Были освещены и другие темы.

Официальный спонсор выставки – ЗАО «Сбербанк Лизинг».



**12-я Международная выставка «Газ на транспорте» / GasSUF  
состоится 14–16 октября 2014 года в Москве, в павильоне № 75 ВВЦ**

## Конференция «СУГ 2013» показала назревшие проблемы

Необходимость увеличения объемов переработки российского сжиженного углеводородного газа (СУГ) внутри страны с целью создания продуктов высокого передела уже заявлена на государственном уровне. На совещании в Тобольске Президент России Владимир Путин призвал федеральные и региональные власти стимулировать развитие нефтегазохимической переработки в России и в этой связи обещал проанализировать целесообразность изменения экспортных пошлин на СУГ.

**К**омпания «КРЕОН ЭНЕРДЖИ» третий год подряд поднимает эту тему, собирая основных представителей рынка. В дискуссии, состоявшейся 22 октября на конференции «СУГ 2013», приняли участие представители более 50 компаний. В их числе «ЛУКОЙЛ», «Газпром экспорт», «Иркутская нефтяная компания», «СГ-трейдинг», ГК «Титан», «Башнефть», «Татнефть», «Нижнекамскнефтехим», «Санорс», «Каустик» (Волгоград) и др. «КРЕОН ЭНЕРДЖИ» выражает благодарность спонсору конференции компании Avestra Group, а также общероссийской общественной организации «Деловая Россия», ассоциации газовых хозяйств Сибири и Дальнего Востока «Сибдальвостокгаз» и НП «Объединение автопроизводителей России», которые оказали поддержку в проведении мероприятия.

Открывая конференцию, глава «КРЕОН ЭНЕРДЖИ» **Фарес Кильзие** отметил, что «СУГ всегда считался ценным сырьем для нефтехимических производств. Вместе с тем у каждого крупного игрока российского рынка СУГ есть своя правда относительно изменения таможенно-тарифного режима, однако на ближайшее время определяющие позиции рынка сосредоточены в руках компаний «Роснефть» и «Сибур». Остается надеяться, что сегмент продолжит свое развитие по справедливому для всех без исключения законам рыночных отношений».



По словам **Антон Жаринова**, начальника отдела департамента координации, развития и регулирования внешнеэкономической деятельности Минэкономразвития России, показатели производства СПБТ за 8 месяцев 2013 г. демонстрировали 8%-ный спад относительно аналогичного периода прошлого года и опустились до 7 млн т. Производство прямогонного бензина понизилось до отметки 8 млн т (-6 %). В то же время доля экспорта СУГ составила 3,4 млн т, что на 17 % выше прошлогоднего показателя. В товарной структуре экспорта сжиженного газа 42 % приходится на ациклические насыщенные углеводороды (бутан, изобутан, пентан и т.д.), 40 % – на сжиженный пропан, 14 % – на ШФЛУ и 4 % – на сжиженные бутаны. Основными покупателями российского СУГ являются Турция, Польша, Финляндия, Нидерланды и Венгрия.

Как отметил А.Жаринов, государственное внешнеторговое регулирование экспорта газа с учетом его высокой доли в ресурсах внутреннего рынка играет важную роль как для крупных нефтегазовых компаний («Роснефть», «ЛУКОЙЛ» и «Газпром»), так и для диверсифицированных интегрированных нефтехимических групп («Сибур», «Нижнекамскнефтехим», «Санорс», «Казаньоргсинтез»), а также для специализированных предприятий («Полипластик», «Полиом», «Саянскхимпласт», «Каустик» и др.). Для одних – с точки зрения доходности экспорта добываемого и перерабатываемого сырья через сохранение маржи при заданных транспортных затратах и волатильном движении мировых цен; для других – с точки зрения стоимости покупаемого в России сырья.

В соответствии с поручением президента, данным 15 октября в Тобольске, Минэкономразвития будет изучать целесообразность поэтапного изменения таможенных пошлин на экспорт

СУГ. При решении данного вопроса будут учитываться мнения отраслевых министерств и приниматься во внимание реализуемые инвестиционные проекты, главным образом, по запуску пиролизных мощностей.



Владимир Островерхов

**Владимир Островерхов**, директор департамента продаж продуктов нефтехимии компании «Башнефть», поднял вопрос коммерциализации углеводородов. Он призвал коллег рассматривать «коммерциализацию углеводородов через нефтехимию, а не пиролиз».

Обзор изменений на российском рынке СУГ был подготовлен **Леонидом Кручинным**, заместителем директора по маркетингу компании «Импекснефтехим». Прогнозируемый рост производства СУГ в 2013 г. по сравнению с предшествующим годом составит 1,3 млн т и достигнет 13,4 млн т. Несмотря на благоприятную конъюнктуру в этом году не было отмечено роста «нехимического» (коммунально-бытовой сектор + транспорт) потребления СУГ на внутреннем рынке, что, по мнению эксперта, свидетельствует об отсутствии перспектив значительного роста и в дальнейшем. В результате дефицита мощностей по газофракционированию, который оценивается в 1,3 млн т, производители были вынуждены увеличить поставки ШФЛУ на пиролиз, а высвободившиеся объемы пропана перенаправить на экспорт.

Рост потребления в нефтехимическом секторе в 2013 г. прогнозируется на уровне 470 тыс. т в основном за счет пуска простаивавшего в 2012 г. завода «Ставролен» и рекордной загрузки пиролизных мощностей компанией «Сибур». Как и в прошлом году, основной прирост объемов производства СУГ был направлен на экспорт, который достиг отметки 5,2 млн т (+0,84 млн т). Наиболее существенно вырос экспорт индивидуальных углеводородов, в особенности пропана, лидером роста объемов стало южное направление (Черноморские порты).

Как отметил **Михаил Аксенов**, заместитель начальника отдела закупок «Новотэк-Трейдинг», внебиржевой рынок СУГ монополизирован, и доступ к продуктам имеет ограниченное число компаний. На биржевом рынке отсутствует конкуренция в связи с небольшим количеством предложений, что приводит к дефициту продукта и завышению цен для конечного потребителя. В 2013 г. объем сделок по СУГ на биржах Москвы и Санкт-Петербурга составил чуть более 172,5 тыс. т.



Эдуард Вильховецкий

«У компании был негативный опыт реализации своей продукции на бирже, – отметил **Эдуард Вильховецкий**, заместитель начальника управления координации газоэнергетической деятельности и продаж продуктов нефтехимии и газопереработки компании «ЛУКОЙЛ». – Проблема заключается в том, что в зависимости от ситуации на рынке трейдеры не всегда выполняют свои обязательства по сделке, а у предприятия – ограниченный парк хранения». Также представитель «ЛУКОЙЛ» добавил, что в их компании приоритет по реализации СУГ отдается внутреннему рынку, однако в последнее время сроки доставки груза потребителю в связи с неудовлетворительной работой РЖД существенно увеличились, что вызвало дефицит сырья практически во всех регионах.

Следующее заседание конференции началось с обзора мирового рынка СУГ, подготовленного генеральным директором компании Avestra **Цзяньхун Ци** (Китай). Объем мирового рынка СУГ оценивается в 257 млн т. Главными производителями выступают страны Северной Америки и Ближнего Востока. Суммарно на их долю приходится более 40 % мирового выпуска СУГ. Общая доля Европы и остальной Азии оценивается приблизительно в 17 %. По потреблению сжиженных газов лидируют азиатские страны: на их долю приходится 32,5 % (от 256,3 млн т), далее следуют страны Северной Америки и Европы.

Вторая часть доклада Цзяньхун Ци была посвящена строительству терминала по перевалке СУГ и жидких химических продуктов в Маньчжурии. По словам докладчика, в 2014 г. спрос на импортный СУГ в Северо-Восточной части Китая ожидается на уровне 1,2 млн т, в 2015 г. – 1,5 млн т, а в 2016 г. – 2 млн т. Китайская сторона нуждается, главным образом, в бутанах, пропане и пропилене. Терминал планируется открыть в октябре 2014 г. Его общая транзитная вместимость оценивается в 1 млн т/год. Строительство терминала осуществляется корпорацией Far East Industrial Gas, в которую входят компании Avestra и две государственные китайские корпорации HRW и ARJ (дочерняя компания PetroChina).

Интерес китайской стороны к российским СУГ обусловлен двумя факторами: транспортировка газов по железной дороге или автоцистернами из России в северо-восточную часть Китая обходится дешевле, чем импорт газа по морю из Северной Америки. Вторым фактором выступает запланированное на следующий год увеличение объемов производства СУГ компаниями «Сибур» и «Роснефть».



Цзяньхун Ци

В России почти 80 % сжиженного газа экспортируется по железной дороге, отметила **Софья Каткова**, руководитель проектов ООО «Морстройтехнология», которая сделала доклад о состоянии и перспективах развития транспортной инфраструктуры для перевозки СУГ. Практически все покупатели отечественного сырья находятся в Европе, поэтому маршруты пролегают из мест добычи и переработки к портам и железнодорожным переходам. Выход российского продукта на дальние рынки сдерживается отсутствием собственных морских терминалов, способных принимать крупнотоннажные суда. Малая грузоподъемность судов обуславливает и ограниченный запас хода, а в периоды неудачной конъюнктуры делает нерентабельными дальние перевозки. В итоге большая часть существующих морских терминалов вынуждена ориентироваться на региональные рынки Черноморского бассейна, Прибалтики и частично Скандинавии.

Другая проблема – инфраструктурные ограничения портов. Трудности возникают и с проектированием терминалов, которое осложняется отсутствием современной нормативной базы и необходимостью согласовывать специальные технические условия на оборудование, что увеличивает сроки разработки объекта.

Тем не менее, С.Каткова рассказала о двух терминалах, осуществляющих перевалку СУГ: «Таманьнефтегаз», который был частично введен в эксплуатацию в 2012 г. с мощностью 1 млн т, и «Сибур-Портэнерго» в Усть-Луге, пропускная способность которого оценивается в 1,5 млн т.

Член экспертного совета «КРЕОН ЭНЕРДЖИ» **Антон Яцков**, говоря о химических производствах по переработке сжиженных газов в продукты более высокого передела, предложил рассмотреть проект строительства завода по производству малеинового ангидрида (МА) в России мощностью от 20 тыс. т/год. По его словам, мировое потребление МА составляет около 1,4 млн т, половина объема которого производится в Азии. Европейский рынок МА с 2005 г. является дефицитным. Несмотря на то, что потребление МА в России в 2013 г. не превысит 5 тыс. т, существуют реальные предпосылки для увеличения данного показателя до 10...12 тыс. т/год.

Обсуждая перспективы российской газовой отрасли, член экспертного совета «КРЕОН ЭНЕРДЖИ» **Михаил Левинбук** призвал коллег из отечественных нефтяных



Участники конференции



Участники конференции

компаний пересмотреть приоритеты в развитии своих фирм с целью сохранения конкурентоспособности отрасли в преддверии массового перехода государств на нетрадиционные энергоносители. По его словам, массовое использование газа снимет зависимость мировых цен на природный газ от цены на сырую нефть. Развитие добычи и использование нетрадиционных углеводородов в США могут полностью поменять геостратегию рынка энергоресурсов и привести к снижению цен на нефть и газ, что отразится на всей российской сырьевой экономике и бюджете страны. При снижении мировых цен на нефть в России сократится объем добываемой нефти, так как именно высокие цены поддерживают сегодня добычу на нерентабельных скважинах.

Таким образом, по мнению М.Левинбука, создание комплексов по переработке газа в ценные продукты процессом GTL (англ. Gas-to-liquids – газ в жидкость) и производство газомоторного топлива – основные задачи для России.

Использовать продукты переработки сжиженного углеводородного газа в качестве авиационного топлива (АСКТ) на региональных воздушных судах Севера, Сибири, Дальнего Востока и Арктики предложил **Владимир Маврицкий**, главный научный сотрудник ФГУП «ЦАГИ». Он считает, что перевод региональной авиации на газомоторное топливо позволит уменьшить расход самого топлива на 5 %, повысить ресурс двигателя на 20...30 %, увеличить «плечо» полета в 1,5 раза и более, а также снизить себестоимость одного часа работы воздушного судна на 20...40 % и уменьшить загрязнение атмосферы вредными выбросами двигателя.

В продолжение темы начальник подразделения криогенных топлив «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России» **Игорь Козлов** и ведущий специалист этой же организации **Александра Непомилуева** отметили преимущества перехода авиации на криогенное топливо – в частности, повышение военной, экономической и экологической безопасности России, улучшение летно-технических характеристик летательных аппаратов и развитие новых типов вооружения, создание единой криогенной инфраструктуры, а также производство и экспорт криогенного топлива, оборудования и технологий.

В заключительной части конференции **Валерий Титов**, генеральный директор «ВИП Газ Тех», сделал доклад о новых ресурсосберегающих технологиях и оборудовании для проведения сливноналивных операций и дегазации вагонов-цистерн для перевозки СУГ. В частности, В.Титов рассказал о применении унифицированных технологических модулей, позволяющих полностью и без технологических потерь сливать жидкую фазу и откачивать (утилизировать) паровую фазу продукта. Использование таких модулей в проектах дегазации вагонов-цистерн позволяет значительно снизить капитальные затраты, затраты на подачу/уборку вагонов, минимизировать финансовые риски и повысить эффективность процесса дегазации (нейтрализация) вагонов-цистерн с целью их подготовки к плановым видам ремонта и наливу. Помимо этого, использование модулей не требует наличия дополнительной инфраструктуры и факельного хозяйства, решает вопросы экологической безопасности объекта.

Подводя итоги, глава компании «КРЕОН ЭНЕРДЖИ» Фарес Кильзие обратил внимание участников рынка на то, что сегодня в связи с отсутствием единства в терминологии есть необходимость создания четкой классификации всех видов СУГ и скорейшего появления техрегламента или обновленного ГОСТа, которые бы учитывали марки сжиженных углеродных газов, упорядочивая их по принципу применения. И только после этого таможенно-тарифное регулирование может строиться по такой же классификации.

## 20-я юбилейная Московская международная выставка «Автокомплекс–2013» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг)

**М.А. Цуладзе**, генеральный директор ООО «АЗС-ЭКСПО»

В 20-й юбилейной Московской международной выставке «Автокомплекс–2013», которую организовало ООО «АЗС-ЭКСПО» при поддержке Правительства Москвы и содействии ЗАО «Экспоцентр», приняли участие 125 фирм из 11 стран.

**В**ыставка в целом была успешной. Наглядным свидетельством этому является намерение большинства экспонентов принять участие в «Автокомплексе» будущего года.

Прошедшие два десятилетия доказали актуальность тематического направления этого ежегодного форума. Можно со всей ответственностью сказать, что выставка внесла достойный вклад в информационное обеспечение модернизации старых и строительство новых автозаправочных комплексов на уровне мировых стандартов в России и других странах СНГ.

«Это авторитетная площадка для деловых контактов и обсуждения вопросов развития автозаправочного бизнеса и сервисной инфраструктуры для автомобилистов», – сказано в приветствии Мэра Москвы С. Собянина организаторам, участникам и гостям выставки.

**Автозаправочный комплекс** – ведущее направление выставки. Крупнейшие российские и иностранные производители оборудования и технологий для автозаправочных станций и нефтебаз являются постоянными участниками форума.

Среди них следует отметить наших многолетних партнеров: ОАО «Промприбор», «Татсуно РУС» СП, Expertek, «Топаз-сервис», ООО «Нева-Сервис», компания «Мелстон Инжиниринг», ТД «Все для АЗС», ГК «Аргоси», ООО «Деловой Союз», ТД «Спецтехника «ГрАЗ», компания «АйТи. Смарт системы», ООО НПК «Шельф», Филиал «Беларусьнефть-Нефтехимпроект», компания GT7 и другие.

Новейшие образцы оборудования и технологий продемонстрировали известные западные компании Gilbarco Veeder-Root (США), Scheidt und Bachmann, FAS Flussiggas-Anlagen GmbH, Franklin Fueling Systems (Германия), Wayne A GE Energy Business (США), OPW (Чехия), Beijing Sanki Petroleum (Китай), XTrack-P.P.U. OMEGA Sp. Z.o.o. (Польша) и другие.

Следует отметить новых экспонентов: Citynet-EXPRESS, ООО «Системный интегратор», компании «Сервио», Ridart (Италия), SGB GmbH (Германия), Wenzhou Real-Tech Petroleum Co. (Китай).



Открытие выставки



На открытых площадках и в павильоне широко было представлено новейшее оборудование для транспортировки светлых и темных нефтепродуктов, сжиженных газов компаниями ТД «Спецтехника ГрАЗ», ООО «Магистраль», Завод «Джи Ти Севен», ЗАО «Автобау», ООО «Эверласт» и Чебоксарское предприятие «Сеспель». Мобильные АЗС предлагало ЗАО «Пензаспецавтомаш». Плавающие заправочные станции производит ЗАО «МеталСервис» (г. Новосибирск). ООО ГК АЦИС проектирует и строит многофункциональные зоны дорожного сервиса, АЗС, автомойки. Много нового и интересного было представлено в части систем управления и безналичных расчетов.

Как всегда, в центре внимания – экологически чистые технологии, использование газа как моторного топлива. В соответствии с решением Правительства РФ сейчас особое внимание уделяется развитию инфраструктуры для потребителей газомоторного топлива. На эти цели выделяются значительные средства из бюджета, активно подключаются частные компании.

Компания VDS (г. Минск) представила современные разработки архитектурной концепции автогазозаправочной станции «Пропан», которая предназначена для массового тиражирования. Это привлекло внимание специалистов и инвесторов.

Представительным и интересным был разговор на круглом столе «Опыт и перспективы развития сетей автозаправочных комплексов». С докладами выступили первый заместитель руководителя департамента топливно-энергетического хозяйства г. Москвы В.Г. Плешивцев, исполнительный директор Российского топливного союза Г.П.

Сергиенко, начальник отдела нефтяной и нефтехимической промышленности Федеральной антимонопольной службы РФ С.В. Галайда, начальник отдела дорожного сервиса управления недвижимостью ГК «Российские автомобильные дороги» Е.Н. Лунев, начальник отдела организации продаж нефтепродуктов в России ОАО «ЛУКОЙЛ» Е.А. Бошнякова. Информационную поддержку осуществлял журнал «Топливный рынок», на страницах которого будет опубликован отчет о работе круглого стола.



**Гараж и паркинг** – важное тематическое направление выставки. Многократное увеличение количества автомобилей в России и СНГ за последние годы создало серьезные проблемы в организации движения в крупных городах. Развитие дорожно-транспортной инфраструктуры требует кардинальных



решений в самые короткие сроки. Особенно остро эта проблема стоит в Москве. Правительство столицы реализует самую масштабную программу дорожного строительства и развития инфраструктуры.

В экспозиции выставки современное оборудование и технологии для развития парковок и гаражей представили ООО «АСКТ», Scheidt & Bachmann GmbH, ООО «ПаркСити», «Парковочные решения АйЭс-Ди», ООО «КомплексПаркинг», ООО «МИККОМ-ИСБ», ООО «Эртел» и другие.

23 октября состоялся круглый стол «Перспективы развития парковочного пространства в крупных городах». С докладами выступили зам. генерального директора ГКУ «Администратор Московского парковочного пространства» Д.В. Абоймов, представитель компании Scheidt & Bachmann GmbH, руководитель ООО «КомплексПаркинг» Й. Альбрехт, генеральный директор ООО «АСКТ» В.А. Волков, советник председателя Московского городского союза автомобилистов А.А. Агапов. Состоялся предметный обмен мнениями.

**Автотехсервис** – неотъемлемая часть комплексных центров обслуживания автомобилей, которых становится все больше на наших автомагистралях. Компания «ИНЖТЕХсервис» представила широкий спектр оборудования для СТО и техпостов при АЗС. Современное оборудование предлагают ООО «Еврогалс», ООО «КПО-Электро» и другие.

По сложившейся традиции были подведены итоги конкурса «Лучшее освещение на сайте участия в выставке «Автокомплекс–2013». Победителем признано ООО «Лигир».

Действенную помощь в подготовке выставки оказали департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры, департамент топливно-энергетического хозяйства г. Москвы, ЗАО «Экспоцентр», Российский топливный союз. Информационную поддержку оказывают наши официальные медиа-партнеры: европейский интернет-портал «PetrolPlaza», журнал «Современная АЗС» и более 15 ведущих отраслевых изданий.

Прошедшие годы были нелегкими. В выставке, как в зеркале, нашли отражение все этапы становления рыночных отношений автозаправочного бизнеса в России и СНГ. Сделать предстоит многое, поскольку выставка – живой организм, и она должна постоянно развиваться. На это и направлены усилия ее организаторов. Мы благодарны российским и зарубежным фирмам, которые на протяжении многих лет постоянно участвуют в «Автокомплексе», и надеемся на продолжение сотрудничества. Мы также готовы к взаимодействию со всеми заинтересованными организациями и предприятиями.

Следующая 21-я Московская международная выставка «Автокомплекс–2014» состоится 29-31 октября 2014 г. в павильоне № 7 (2-й этаж) и на открытых площадках ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне. Выставка «Автокомплекс–2014» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг) – это уникальная возможность для продвижения оборудования, технологий и услуг.



### **Приглашаем к участию в выставке «Автокомплекс–2014»!**

Более подробная информация на сайте: [www.autocomplex.net](http://www.autocomplex.net)

Для контактов e-mail: [acs-expo@mtu-net.ru](mailto:acs-expo@mtu-net.ru)

Тел./факс: (495) 380-21-37, тел. (495) 380-17-32

# Газомоторная карта России

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

В 2013 г. регионы Российской Федерации включились в активную работу над расширением использования газовых видов моторного топлива на транспорте. Одни сотрудничают с Газпромом, другие – с Роснефтью, третьи – с Сибуром. Кто-то действует самостоятельно. Взглянем на газомоторную карту России. На то, что делается в субъектах Федерации по выполнению поручений Президента и Правительства России по материалам средств массовой информации, региональных и корпоративных PR-служб.

**Ключевые слова:** природный газ, КПГ, СПГ, СУГ, заправочная станция, Газпром.

**Башкирия** имеет существенный задел по использованию природного газа в качестве моторного топлива. С 2000 г. спрос на КПГ в Республике вырос в 20 (!) раз и превысил 22 млн м<sup>3</sup>. Сейчас на метане работают более 4 тыс. автомобилей, включая автотранспорт общественного пользования. В Башкортостане построены 11 АГНКС и до 2015 г. планируется построить еще четыре, включая две станции в Уфе. Кроме того, имеются планы по применению ПАГЗ для обеспечения метаном автомобилей автотранспортных предприятий, не имеющих собственных заправочных мощностей.

**Владимирская область** подписала соглашение с ООО «Газпром газомоторное топливо» («Газпром ГМТ») по совместному развитию областного парка техники, работающей на природном газе, и газозаправочной инфраструктуры. Область представляет собой очень перспективный регион: здесь имеется опыт газификации транспорта практически во всех сегментах – легковой и грузовой автотранспорт, автобусы, коммунальные машины, сельскохозяйственная техника. Именно во Владимирской области в СПК «Воронежский» Кольчугинского района была построена первая по-настоящему «деревенская» АГНКС. Газпром включил Владимирскую область в перечень приоритетных субъектов России по переводу транспорта на газ. Кроме того, предприятия

области (Точмаш, ОСВАР, Автоприбор, КЭМЗ) способны выпускать до 85 % оборудования, необходимого для развития регионального и соседних газомоторных рынков. К реализации программы газификации транспорта могут быть также привлечены создаваемые во Владимирской области отделения компаний «Волгабас» и «Авиа Ашок Лейланд Русь». Владимирский тракторный завод когда-то примерялся к производству тракторов на СУГ. Однако дальше опытных образцов дело не пошло.

**Вологодская область** запланировала начать строительство двух АГНКС в 2013 (Вологда) и 2014 г. (Череповец). В Вологодском муниципальном

автотранспортном предприятии, в непосредственной близости от которого и будет создана газовая заправка, в 2013–2015 гг. планируют купить 280 автобусов на КПГ.

**Камчатский край.** В Петропавловске-Камчатском продолжается строительство первой в Дальневосточном федеральном округе АГНКС.

**Кемеровская область.** В Центральном районе Новокузнецка открыта новая АГНКС – третья в городе и 11-я в области. В настоящее время идет подбор площадки для следующей станции в Новоильинском районе Новокузнецка, расположенном на левом берегу Томи.



АГНКС в Новокузнецке

**Краснодарский край** также заключил соглашение о сотрудничестве с «Газпром ГМТ». Регион разрабатывает программу расширения применения газовых видов топлива на транспорте. Край намерен в ближайшие 3–5 лет перевести на природный газ половину общественного транспорта. В ближайшее время НЕФАЗ поставит в Краснодарский край 100 газовых автобусов. Предприятия агропромышленного комплекса планируют перевести на газ примерно 420 автомобилей. По словам губернатора Александра Ткачева, Краснодарский край намерен стать первым в России, где к 2020 г. транспорт региона будет экологически чистым на 90 %.

**Красноярский край.** Краевая администрация совместно с мэрией города намерена до конца года разработать трехлетний план по поэтапному переводу муниципального общественного транспорта на СУГ и топливо классов Евро-4 и Евро-5. Подобная попытка уже предпринималась в конце 1990-х гг., но тогда она не увенчалась успехом.

**Ленинградская область** и ООО «Газпром газомоторное топливо» подписали соглашение о расширении

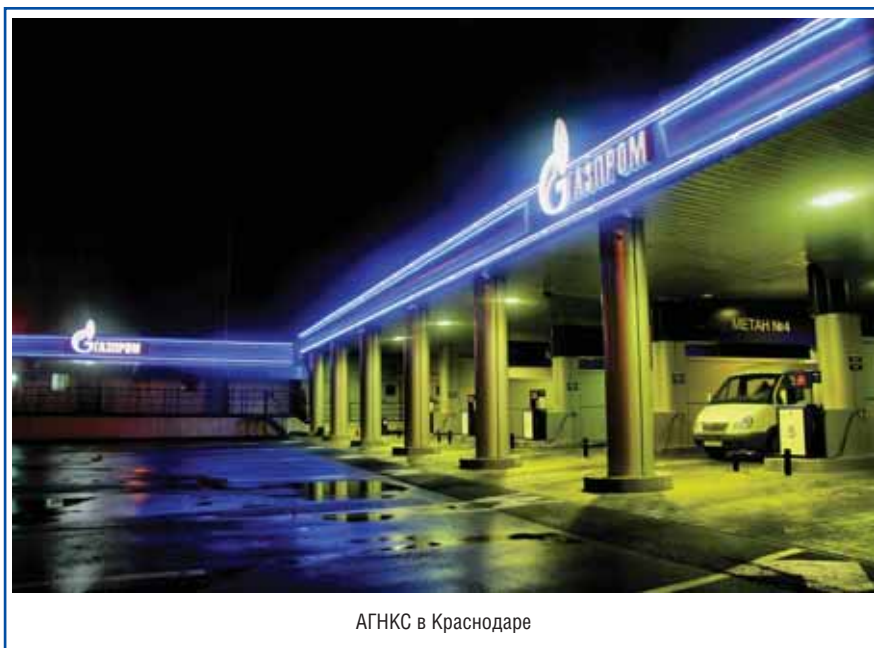
использования природного газа в качестве моторного топлива. Область разрабатывает перечень строящихся объектов газомоторной инфраструктуры на 2013–2014 гг., готовится внедрить в 2013–2014 гг. триста новых газовых автобусов (150 уже в этом году), а также планирует принять нормативные акты, стимулирующие применение природного газа в качестве моторного топлива. «Газпром ГМТ» берет на себя строительство газозаправочных станций, а Ленинградская область будет содействовать обеспечению загрузки АГНКС по графику: 15 % – с 1-го месяца эксплуатации, 65 % – с 13-го и 70 % – с 25-го. Первыми газовые автобусы уже получили в Волхове и Бокситогорске. Эти два города участвуют в региональной программе утилизации отработавших ресурс автобусов. Участие в программе – обязательное условие включения в федеральную программу по переводу общественного транспорта на газомоторное топливо. Финансирование приобретения газовых автобусов ПАЗ осуществляется по схеме: 80 % – Федерация (10 млн руб.) и 20 % – Ленинградская область (2,5 млн руб.).

**Москва.** Мэр Москвы Сергей Собянин и председатель правления

Газпрома Алексей Миллер подписали соглашение о модернизации автозаправочных станций. Сто московских АЗС должны быть дооборудованы газозаправочной техникой. В 2014 г. должно начаться строительство 20 новых АГНКС. В 11 автобусных парках столицы планируется создать гаражные газовые заправки. С середины 1980-х гг. в Москве построены 10 АГНКС. Они расположены на МКАД. Принадлежат эти станции ГУДП «Управление Мосавтогаз». К сожалению, из десяти построенных объектов заправиться метаном сегодня можно только на четырех. Не намного лучше ситуация в Московской области, где у Мосавтогаза еще десяток АГНКС. Пока других производителей КПГ, за исключением одной АГНКС, принадлежащей МГПЗ, в Москве и области нет. Газпром и Москва будут сотрудничать в развитии газомоторной инфраструктуры, приспособлении производственно-технической базы предприятий, обучении инженерно-технического персонала и водителей, модернизации нормативно-правовой базы. Следует помнить, что среди московских автомобилистов достаточно популярным является СУГ. Из 1,4 млн российских автомобилей на пропане московскую прописку имеют 93 тыс., еще 77 тыс. пропановых автомобилей ездят в Московской области. Общий спрос на СУГ для автотранспорта в России приближается к 2,5 млн т/год.

**Мурманская область** в качестве стратегического партнера по газификации транспорта выбрала Роснефть, с которой подписано пятилетнее соглашение.

**Нижегородская область** имеет большой опыт использования на транспортных средствах сжиженного углеводородного газа. Сейчас в области на пропане работают 118 муниципальных автобусов – 100 в Нижнем Новгороде и 18 в Ветлуге. 11 автобусов должны в ближайшем будущем



АГНКС в Краснодаре



Переход на газомоторное топливо для Москвы особенно актуален

поступить в муниципалитет Кстово. Пилотный проект по переводу на газ 100 автобусов, реализованный в 2012 г. областным правительством совместно с Газпромом и Сибуром, позволил за полгода работы сэкономить около 6 млн руб. Горьковский автозавод пока не представил внятных планов производства газовых автомобилей.

**Новгородская область** имеет богатый опыт эксплуатации муниципальных автобусов на природном газе. В областной столице на метане работают 57 % автобусов. В целом по области 27 % общественного транспорта применяет КПП. Новгород Великий наряду с еще 30 субъектами Федерации включен в перечень регионов, где Газпром будет строить новые АГНКС.

**Новосибирская область** в 2013–2016 гг. планирует построить новые АГНКС в районе Барабинска (трасса «Байкал»), Черепаново («Чуйский тракт»), Тогучин (Ленинск-Кузнецкая трасса), Колывань (Колыванское шоссе). В 2014 г. Новосибирск планирует приобрести три газовых автобуса НЕФАЗ, в 2015–2016 гг. еще по шесть машин. В целом Новосибирская область планировала купить 50 ед. муниципального и коммерческого автотранспорта на метане. Однако в свете решений руководства

страны администрация области предполагает пересмотреть объем закупки «в сторону значительного увеличения». ПАТП 4 Новосибирска провело опытную эксплуатацию газового НЕФАЗА, в ходе которой установлено: по сравнению с дизельной модификацией экономия затрат составила 369 руб. на 100 км пробега.

**Омская область** выстраивает партнерские взаимоотношения с Газпромнефтью. АЗС компании будут укомплектовываться заправочными метановыми блоками.

**Оренбургская область** в 2013–2016 гг. планирует приобрести более 600 автобусов, 900 коммунальных и 1000 сельскохозяйственных машин, работающих на метане. По предварительным оценкам, на приобретение этой техники будет затрачено около 4 млрд руб. Первые 23 автобуса на КПП появятся в области уже в 2013 г. В рамках соглашения с ООО «Газпром газомоторное топливо» запланировано строительство 13 новых АГНКС. В Оренбургской области уже есть определенный опыт эффективного использования природного газа в качестве моторного топлива. Так, ООО «Газпром добыча Оренбург» с 2009 г. заменило метаном более 10 млн л нефтепродуктов и получило экономию в 103 млн руб.

**Пермский край** планирует увеличить парк АГНКС в столице края с двух до четырех станций. Всего в регионе сегодня находятся в эксплуатации семь АГНКС.

**Санкт-Петербург** подписал соглашение с «Газпром ГМТ», которое позволит к 2020 г. газифицировать половину автобусов ГУП «Пассажиравтотранс» (800 ед.), а также часть парка коммунальных машин города.

**Сахалинская область** и Роснефть подписали соглашение о сотрудничестве в сфере использования газомоторного топлива в регионе. Кстати, аналогичное соглашение Сахалин имеет и с Газпромом. В ближайшие четыре года область планирует инвестировать в газификацию транспорта порядка 2,5–3,0 млрд руб. – примерно по 600–700 млн руб. в год Южно-Сахалинск намерен выделять на приобретение нового вида техники. Примерно столько же, по некоторым оценкам, партнеры будут вкладывать в развитие газозаправочной инфраструктуры. На острове у Роснефти действуют 22 АЗС. У Газпрома своих станций там пока нет, но компания планирует в 2014 г. построить в Южно-Сахалинске две АГНКС.

**Татарстан** начал работы по газификации транспорта несколько раньше других субъектов Федерации. На метане в Республике работают 2,1 тыс. машин. КАМАЗ, НЕФАЗ и РаритЭК освоили выпуск газовых грузовиков и автобусов. В 2013 г. Татарстан купил 262 газовых автобуса. Общий объем финансирования составил 932,6 млн руб. по схеме: 70 % средств – Федерация, 30 % – республика. Получен опыт массовой эксплуатации газовой техники при обслуживании Универсиады в 2013 г. Общие затраты на топливо для 130 газовых НЕФАЗов составили 1,68 млн руб., что в два раза меньше, чем при использовании дизельного топлива. В Республике

принята 10-летняя программа газификации транспорта. Потенциальный парк транспортных средств для перехода на газ оценивается более чем в 34 тыс. автомобилей. В рамках программы будут построены и сданы в эксплуатацию 60 АГНКС и 150 дочерних станций, создано более 1,5 тыс. рабочих мест.

**Томская область** планирует построить новые АГНКС в Томске, Северске, Асино и Мельниково.

**Удмуртия** намерена к 2020 г. газифицировать весь подвижной состав Удмуртавтоотранса – около 400 ед. техники. По оценкам специалистов, Республике нужны 10 новых

АГНКС, которые могут быть построены в рамках соглашения с Газпромом. Республиканские власти рассматривают возможность перевода на газ не только автобусов, но также коммунальной и сельскохозяйственной техники.

**Ульяновская область** готова перевести на метан уже до 2015 г. 50–80 тыс. машин. Область намерена развивать сотрудничество с «Газпром ГМТ».

**Хабаровский край** в рамках совместной с Газпромом программы перевода автомобильного транспорта и сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо на 2014–2020 гг. ведет выбор земельного

участка для строительства в 2014 г. первой АГНКС.

**Чувашская Республика** утвердила государственную программу развития транспортной системы региона на 2013–2020 гг. с объемом финансирования в 39,6 млрд руб. Часть средств будет выделена на внедрение газового топлива на пассажирском автотранспорте.

**Якутия** также продолжает наращивать газомоторный потенциал. Компания «Сахаметан» открыла в Якутске вторую АГНКС. В городе работают 800 частных автобусов, которые поэтапно будут переведены на природный газ.

## Развитие регионального рынка газомоторного топлива в Оренбургской области

**27** сентября в рамках XII Международного инвестиционного форума «Сочи-2013» состоялась рабочая встреча председателя правления ОАО «Газпром» Алексея Миллера и губернатора Оренбургской области Юрия Берга.

Стороны обсудили ход реализации соглашения о сотрудничестве, подписанного еще в 2006 г. В частности, речь шла о развитии в регионе сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Отмечено, что в текущем году Газпром ведет разработку проектно-сметной документации по строительству девяти станций, которые компания планирует ввести в строй к январю 2015 г. Кроме того, продолжается реконструкция АГНКС в п. Илек Илекского района.

Еще раньше председатель правления – генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Виктор Зубков и губернатор Оренбургской области Юрий Берг подписали Соглашение о расширении использования природного газа в

качестве моторного топлива. Документом предусмотрен комплекс мероприятий по расширению использования газомоторного топлива на пассажирском автотранспорте, специальных транспортных средствах, коммунальной, сельскохозяйственной и иной технике на территории региона.

В частности, совместные усилия будут направлены на развитие парка техники, работающей на природном газе, строительство АГНКС, многотопливных заправочных станций (МТЗС) и других объектов газомоторной инфраструктуры. Данные работы будут синхронизированы, чтобы имеющийся к моменту запуска АГНКС парк техники мог потреблять компримированный газ в объеме не менее 30 % от

максимальной производительности станции.

Для реализации соглашения правительство Оренбургской области обеспечит создание парка газомоторной техники для государственных нужд, оснащение производственно-технической базы организаций для эксплуатации такой техники, подготовку инженерно-технического персонала и водителей. Помимо этого, региональные власти будут совершенствовать нормативно-правовую базу.

В свою очередь «Газпром газомоторное топливо» обеспечит строительство, а также эксплуатацию действующих и вновь построенных объектов газомоторной инфраструктуры. Компания организует переоборудование техники для работы на природном газе и проведение периодического освидетельствования автомобильных газовых баллонов. Планируется оказывать методическую и консультационную помощь в организации технического обслуживания и ремонта газомоторной техники, обучении персонала и водителей.

**Управление информации  
ОАО «Газпром»**



АГНКС в Оренбургской области

## Члены Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация», 2013 г.

**ОАО «Автогаз»**

Приборы контроля состояния нефтегазопроводов и резервуаров, мобильные автогазозаправщики

**ООО «БАУЭР Компрессоры»**

Производство компрессоров, комплектных АГНКС

**ООО «Газ-Ойл»**

Строительство и эксплуатация АГНКС, комплексов по производству сжиженного природного газа

**ООО «Газпарт 95»**

Продажа газобаллонного оборудования на автомобили

**ОАО «Газпром газэнергосеть»**

Строительство и эксплуатация АГЗС, перевод автомобилей на использование СУГ

**ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»**

Реализация КПГ, переоборудование транспортных средств на газовое топливо, переосвидетельствование газовых баллонов

**ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»**

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПГ

**ООО «Газпром трансгаз Казань»**

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПГ

**ООО «Газпром трансгаз Самара»**

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПГ

**ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»**

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПГ

**ООО «Газпром трансгаз Сургут»**

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПГ

**ООО «Газпром трансгаз Томск»**

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автотранспорта на КПГ

**ОАО «НПО «Гелиймаш»**

Установки сжижения природного газа, водорода. Криогенные топливные баки и системы

**ООО «Интехгаз»**

Определение количественного и качественного состава газомоторного топлива, поставка газоиспользующего и газобаллонного оборудования

**ООО Торговый Дом «Италгаз»**

Продажа и установка газобаллонного оборудования

**ОАО «КАМАЗ»**

Производство грузовой и специализированной автомобильной техники

**ООО «КИМАКО»**

Дистрибуция промышленного оборудования, производимого в Южной Корее

**ЗАО «Комптех»**

АГНКС, компрессоры, системы хранения и распределения газа

**ООО «Корпорация Роснефтегаз»**

Переработка газа в бензин, эксплуатация многопливных АЗС, переоборудование АТС на газ



**ООО «Краснодарский компрессорный завод»**  
Производитель компрессорного оборудования и техники на его основе



**ООО НПК «Ленпромавтоматика»**  
Капитальный ремонт и модернизация АГНКС. Автоматика для АГНКС. Проектирование и строительство полнокомплектных АГНКС



**ООО «ЛизингСтройИнвест»**  
Строительство АГНКС, МАЗС



**ОАО «Национальные газовые технологии»**  
Производство АГНКС, заправочных колонок, ПАГЗ



**ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»**



**ООО «НТА-Пром»**  
Поставка трубной арматуры малого диаметра (Ду до 50 мм) по России



**ОАО «Оргэнергогаз»**  
Диагностика и обслуживание оборудования, газопроводов, АГНКС

**ЗАО «Промэнергомаш»**

Проектирование, изготовление, монтаж, пусконаладка и сервисное обслуживание АГНКС, систем автоматического управления для АГНКС и пр. объектов. Капитальный ремонт и модернизация АГНКС



**ООО «РаритЭК»**  
Производство, реализация и сервис автомобильной техники КАМАЗ и НЕФАЗ (Евро-4) с газовыми двигателями на КПП; установка газодизельного оборудования с электронной системой управления на дизельную технику с двигателями КАМАЗ, ЯМЗ, Д245

**ООО НПФ «Реал-Шторм»**

Стальные барабаны, цистерны, газовые баллоны

**ООО «Роберт Бош»**

Разработка и производство элементов ГТА для КПП, битопливных систем

**ООО «СКАНИЯ-РУСЬ»**

Реализация широкого ряда автотранспортных средств



**ООО «Сторк»**  
Продажа автобусов фирмы YUTONG (Китай)



**ООО «ТЕГАС»**  
Производитель газоразделительного, компрессорного и холодильного оборудования



**ООО «Техногарант»**  
Комплексные поставки МТР



**ОАО «УдмуртАвтоТранс»**  
Автомобильные пассажирские перевозки



**ООО «Хэм-Лет»**  
Контрольно-измерительные приборы, измерительные инструменты

**ООО «Эксайтон Групп»**

Поставка зарубежного газового оборудования для индустрии, медицины, дайвинга, транспортировки газа на территории Российской Федерации

**ОАО «Э.ОН Россия»**

Участие в нефтегазовых и энергетических проектах

**xperion Energy&Environment**

Разработка и производство композитных баллонов высокого давления 4 типа для компримированного природного газа (КПП)

# Abstracts of articles

**C. 10**

## **Hydrogen Production from Organic Raw Materials**

**Sergey Korobtsev, Michail Krotov, Vladimir Fateev, Sergey Kozlov, Stanislav Lyugay**

Recycling of organic compounds is currently the main technology for hydrogen production and it will still remain a very long time. The features of the processes of steam reforming of methane and carbon dioxide, autothermal reforming and thermal cracking (pyrolysis) of hydrocarbons, also with the fundamental difference between the processes of gasification processes of conversion of organic materials are discussed. A comparative analysis of technologies for producing hydrogen from organic materials are given below.

**Keywords:** concept of hydrogen energy, physical and chemical processes; bases, steam reforming of methane, carbon dioxide conversion of methane autothermal reforming, gasification, thermal cracking (pyrolysis) of hydrocarbon crude.

**C. 17**

## **Designing and Calculation of the Motor Vehicles Control System Oxygen Sensor**

**Viktor Erokhov**

The design and functional features of the transport engines lambda sensors. Peculiarities of construction and principle of action of oxygen sensors and their main components are described. Basic and constructive schemes of functional elements oxygen sensors of new generation were presented. Estimation of technical and ecological efficiency of oxygen sensors of new generation has been given.

**Keywords:** exhaust gases, harmful substances, catalytic converter, oxygen sensor, control system, oxide of zirconium, yttrium oxide, galvanic element, zirconium sensor, titanium sensor, and nanotechnology, broadband sensor.

**C. 27**

## **Requirements to Motor Gasoline and its Impact on the Failures of Modern Engines**

**Anvar Khaziev**

The article presents the requirements to motor gasoline, the analysis of the results of motor petrol laboratory tests, conducted in the laboratory of «MADI-CHIM», its impact on the failures of modern engines, quality status of gasoline in the Moscow region.

**Keywords:** automobile gasoline, engines, failures.

**C. 41**

## **Modern Onboard Cryogenic Fuel Systems for Motor Vehicles and Their Refueling Technologies**

**Stanislav Gorbachev, Kristina Kirienko**

This article discusses technological schemes of onboard cryogenic fuel systems and methods of their refueling with LNG.

**Keywords:** cryogenic onboard fuel system, liquefied natural gas, tubeless filling, technology fueling.

**C. 45**

## **Utilization Biogas Concept for Generating Electric Power in Agro Industrial Complexes**

**Vladimir Markov, Sergey Devyanin, Sergey Shimchenko**

Technology of biogas production from agricultural industry wastes is introduced. Physical-chemical properties of biogas are presented. The concept of generating electric power from biogas is suggested.

**Keywords:** diesel engine, diesel fuel, biogas, diesel generator set.

**C. 51**

## **Container Transportation of Natural Gas as an Alternative Way of Solving Problems of Energy Safety**

**Alexey Shendrik, Michail Fyk**

The new research studies container way of gas transportation for the consumers of low and medium power as an alternative to pipeline transport. The options for gas supply schemes are given, based on road and rail transport. The advantages and disadvantages of both types of gas transport were considered, the areas of their effective use were analysed. Perspective improvements of technology in case of the energy and economic crisis are presented, including all the trends of world energetic development. The authors find the organization of transportation of compressed gas condensate fields unprepared for universal cylindrical balloons of large diameter (up to 1000 mm) as well prepared and the most perspective.

**Keywords:** transportation of gas, gas production, consumption, transport logistics, cylindrical tank, compressor.

**C. 72**

## **NGV Map of Russia**

**Eugene Pronin**

In 2013 Russian provinces stepped on the way towards cleaner, safer and cheaper mobility. Being number one gas producer in the world, Russia has to become the leader in the use of methane for transportation. President Putin and Prime Minister Medvedev have instructed Russian regions and companies to switch their on-road vehicles to gaseous fuels instead of traditional diesel and petrol. No less than 50% of mass transit vehicles shall use CNG, LNG or LPG. What do various parts of Russian Federation do to meet the task assigned by national leaders? This analysis paints the national NGV map.

**Keywords:** NGV, CNG, LPG, filling station, Gazprom.



## Авторы статей в журнале № 6 (36) 2013 г.

### Горбачев Станислав Прокофьевич,

профессор, главный научный сотрудник, д.т.н.,  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», а/я 130, Москва, 115583,  
Россия, тел.: +7 (498) 657 4205,  
e-mail: S\_Gorbachev@vniigaz.gazprom.ru

### Девянин Сергей Николаевич,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тракторы  
и автомобили» Московского государственного  
агроинженерного университета им. В.П. Горячкина  
(МГАУ им. В.П. Горячкина),  
тел. 8-917-519-63-94

### Ерохов Виктор Иванович,

профессор МГТУ «МАМИ», д.т.н.,  
адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая Семёновская,  
д. 38, р.т. 8 (499) 785-62-05, м.т. 8 916-150-17-87,  
e-mail: PDO@mami.ru

### Кириенко Кристина Игоревна,

младший научный сотрудник ООО «Газпром  
ВНИИГАЗ», а/я 130, Москва, 115583, Россия,  
тел.: +7 (498) 657 4310,  
e-mail: K\_Kirienko@vniigaz.gazprom.ru.

### Климова Татьяна Викторовна,

начальник ССО и СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
e-mail: T\_Klimova@vniigaz.gazprom.ru

### Козлов Сергей Иванович,

профессор, д.т.н., 142217, Московская обл.,  
пос. Развилка,  
тел. 8 495 719 60 88; д.т. (499) 128-59-51,  
e-mail: si.kozlov2008@gmail.com

### Коробцев Сергей Владимирович,

исп. директор Центра физико-химических  
технологий НИЦ «Курчатовский институт»,  
к.ф.-м.н., тел. (499) 196-94-39,  
e-mail: s.korobtsev@hepti.kiae.ru

### Кротов Михаил Федорович,

начальник лаборатории Центра  
физико-химических технологий НИЦ  
«Курчатовский институт», к.ф.м.н.,  
тел. (499) 196-93-48, e-mail: mkrotov@rambler.ru

### Люгай Станислав Владимирович,

к.т.н., директор Центра использования газа  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
р.т. (498) 657-4205, 8 916 107-98-09,  
e-mail: S\_Lyugai@vniigaz.gazprom.ru

### Марков Владимир Анатольевич,

д.т.н., профессор кафедры «Теплофизика» МГТУ  
им. Н.Э. Баумана,  
м.т. 8 917 584-49-54, р.т. (499) 263-69-18,  
e-mail: markov@power.bmstu.ru

### Пронин Евгений Николаевич,

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

### Тыльчак Андрей Игоревич,

специалист (фотограф) службы по связям с  
общественностью и СМИ ООО «Газпром трансгаз  
Ставрополь», e-mail: 000@ktg.gazprom.ru

### Фатеев Владимир Николаевич,

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

### Фоменко Елена Петровна,

заместитель начальника службы по связям с  
общественностью и СМИ ООО «Газпром трансгаз  
Ставрополь», e-mail: 000@ktg.gazprom.ru

### Фык Михаил Ильич,

к.т.н., НТУ «Харьковский политехнический  
университет», ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002,  
тел. (057) 707-66-00, (057) 700-15-64,  
E-mail: mfyk@yandex.ru

### Хазиев Анвар Асхатович,

МАДИ, доцент кафедры Эксплуатации  
автомобильного транспорта и автосервиса,  
руководитель испытательной лаборатории МАДИ-  
ХИМ, к.т.н., доцент, (499) 155-0749, (916) 241-5644,  
E-mail madi-chim@mail.ru

### Цуладзе Михаил Александрович,

генеральный директор ООО «АЗС-ЭКСПО»,  
тел./факс: (495) 380-21-37, (499) 256-05-44,  
e-mail: acsexpo@mail.ru

### Шендрик Алексей Михайлович,

ГПУ «Шебелинкагаздобыча», 64250, Харьковская  
обл., Балаклеевский р-н, п.г.т. Червоный Донець,  
вул. Октябрьская, 9,  
Тел. 10 38 (05749) 5-23-47, факс (05749) 5-20-24,  
E-mail: oilgasua@mail.ru

### Шимченко Сергей Петрович,

аспирант кафедры «Теплофизика» МГТУ  
им. Н.Э. Баумана

## Contributors to journal issue No. 6 (36) 2013

### Devyanin Sergey N.,

D. Sc. (Eng.), professor, head of «Tractors and  
Automobiles» department of the Moscow State  
University for Agriculture and Engineering  
n.a. V.P. Goryachkin, m.t. + 7 917 519-63-94

### Erokhov Viktor,

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

### Fateev Vladimir,

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

### Fomenko Elena,

Deputy Head of Public and Mass Media Relations  
Service, LLC Gazprom transgas Stavropol,  
e-mail: 000@ktg.gazprom.ru

### Fyk Michail,

candidate of science, NTU «Kharkiv Polytechnic  
University», phone: (057) 707-66-00, (057) 700-15-64,  
E-mail: mfyk@yandex.ru

### Gorbachev Stanislav,

chief research associate, doctor of technical sciences,  
professor, e-mail: S\_Gorbachev@vniigaz.gazprom.ru

### Khaziev Anvar,

docent of MADI (GTU), candidate of science,  
phone: +7 (499) 155-0749, (916) 241-5644,  
E-mail madi-chim@mail.ru

### Kirienko Kristina,

JSC «Gazprom VNIIGAZ», p/o 130, Moscow, Russia,  
115583, phone: +7 (498) 657 4310,  
e-mail: K\_Kirienko@vniigaz.gazprom.ru

### Klimova Tatiana,

acting Head of Public and Mass Media Relations  
Service of Gazprom VNIIGAZ,  
e-mail: T\_Klimova@vniigaz.gazprom.ru

### Korobtsev Sergey,

Hydrogen Energy & Plasma Technology Institute of  
RRC «Kurchatov Institute», director, tel. 499 196 94 39,  
e-mail: s.korobtsev@hepti.kiae.ru

### Kozlov Sergey,

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

### Krotov Michail,

Hydrogen Energy & Plasma Technology Institute of RRC  
"Kurchatov Institute", Head of laboratory,  
tel. 499 196 93 48, e-mail: mkrotov@rambler.ru

### Lyugay Stanislav,

PhD, Director of the Centre «Gas Use», JSC «Gazprom  
VNIIGAZ», tel.: +7 (498) 657-4205,  
e-mail: S\_Lugay@vniigaz.gazprom.ru

### Markov Vladimir A.,

PhD, Engng. professor of «Heat Physics» department of  
the Bauman Moscow State Technical University,  
phone: + 7 917 584-49-54

### Pronin Eugene,

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

### Shendrik Alexey,

GPU «Shebelinkagazdobycha»,  
phone: 10 38 (05749) 5-23-47,  
fax (05749) 5-20-24,  
E-mail: oilgasua@mail.ru, к.т.н.

### Shimchenko Sergey,

graduate student of «Heat Physics» department of the  
Bauman Moscow State Technical University

### Tsuladze Mikhail,

General Director of ACS-EXPO, Ltd,  
t/f: + 7 (495) 380-21-37, (499) 256-05-44,  
e-mail: acsexpo@mail.ru

### Tylichak Andrey,

specialist of Public and Mass Media Relations Service,  
LLC Gazprom transgas Stavropol,  
e-mail: 000@ktg.gazprom.ru

# Подписка – 2014

## Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 142717, Московская обл., Ленинский р-н., п. Развилка, а/я 253  
Тел.: (498) 657-41-35, e-mail: transport.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru • www.ngvrus.ru

**Уважаемые читатели!**  
**Начинается подписка на 2014 г.**

Подписчики	Годовая, 6 номеров	I полугодие, 3 номера
Россия	3630 руб. (включая 10 % НДС)	1815 руб. (включая 10 % НДС)
Страны СНГ	3630 руб. (включая 10 % НДС)	1815 руб. (включая 10 % НДС)
Страны дальнего зарубежья	190 евро / 250 долл.	120 евро / 170 долл.

Отдельные экземпляры журнала (550 руб. + 10% НДС = 605 руб.) можно приобрести в редакции.

Электронная версия журнала (формат PDF, 6 номеров):

- для РФ и стран СНГ – 1700 руб., включая НДС 18 %.
- для стран дальнего зарубежья – 100 евро / 140 долл. США.

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

### Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210×290 мм)	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
Специальный 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.