



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 4 (34) 2013

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



III Петербургский международный газовый форум: Перспективы развития рынка газомоторного топлива

Системы газоснабжения автотранспорта

Конвертация автомобильных дизелей на природный газ

Надежность поставки ГМТ потребителям

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

Учредитель и издатель

НП «Национальная газомоторная
ассоциация» (НГА)

Периодичность

6 номеров в год

Главный редактор

П.Г. Цыбульский

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

Члены редакционной коллегии

Б.В. Будзуляк

председатель Комиссии по использованию при-
родного и сжиженного нефтяного газа в качестве
моторного топлива, д.т.н.

В.И. Ерохов

профессор «МАМИ», д.т.н.

Н.Е. Игнатьева

заместитель главного редактора

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.

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

Отдел подписки и распространения

В.А. Ионова

Компьютерная верстка

Ф.А. Игнащенко

Адрес редакции:

115304, Москва, ул. Лужанская, д. 11, оф. 104.

Тел./факс: (495) 321-50-44, 321-62-81.

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

www.ngvrus.ru

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

Номер заказа

Сдано на верстку 25.06.2013 г.

Подписано в печать 25.07.2013 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

ООО «Газпром газомоторное топливо»

В НОМЕРЕ:

Б.Т. Чеминава III Петербургский Международный Газовый Форум	3
А.В. Мартынова Итоги конференции «Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России»	4
А.В. Мартынова Мировые тренды и меры стимулирования рынка газомоторного топлива	6
Д.Г. Корниенко Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России	7
А.Б. Дубровин Проблемы внедрения газомоторной техники на транспортном предприятии	8
С.С. Прокофьев Взгляд перевозчика на трудности развития газомоторной техники в РФ	9
Д. Лукарелли Будущее за метаном	10
П.С. Золотарев Газовое топливо: симбиоз экологичности и экономичности	11
Р.Р. Батыршин, А.А. Гатиятов Газомоторная техника КАМАЗ – инструмент энергосбережения и энергоэффективности	12
М. Сълижак Развитие рынка СПГ в Европе	13
В.В. Яшин, И.Р. Ганиев Перспективы развития производства АГНКС полной заводской готовности для автотранспортных предприятий	14
Ф. Хэберли Создание инфраструктуры для газификации автомобильного транспорта: решения существуют	15
М.В. Шикунец, А.В. Балашов Мобильная заправочная КПП-станция	16
С.И. Мандрик Участие ЗАО «Промэнергомаш» в развитии сети АГНКС	17
Отчетное собрание НГА	20
Я.С. Мкртычан, С.В. Люгай, Д.В. Селиванов Междугородная и международная системы газоснабжения автотранспорта	22
М.Г. Шатров, А.С. Хачиян, В.В. Синявский, И.Г. Шишлов Анализ способов конвертации автомобильных дизелей на питание природным газом	29
Мировой рынок КПП в марте 2013 г.	34
В.И. Ерохов Система рециркуляции отработавших газов современных двигателей	36
С.А. Григорьев Водородные электрохимические системы для транспорта	43
Т.А. Бакиев, А.А. Бычков ООО «Газпром трансгаз Уфа»: увеличение потребления КПП в городах с низкозагруженными АГНКС	46
Эффективная перекачка сжиженного углеводородного газа	50
С.П. Семенищев, В.П. Глухов, П.П. Мерзляков, О.В. Килина, В.К. Попов Изготовление металлокомпозитных баллонов (второй этап)	52
Автомобильные системы впрыска газа	55
В.Г. Камалтдинов, В.А. Марков, Г.Д. Драгунов Расчетное исследование процесса сгорания и характеристик дизельного двигателя и HCCI-двигателя	56
А.А. Евстифеев Расчет надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям	61
В.А. Шишков Подача газового топлива при наддуве цилиндров двигателя с искровым зажиганием	66
Д.А. Худяков, И.М. Блянкинштейн Погрешности мониторинга расхода топлива по его уровню в баке транспортного средства	70
И.К. Александров, Е.В. Несговоров Система автоматического регулирования, обеспечивающая рекуперацию энергии в накопитель гибридной силовой установки	73
Abstracts of articles	76
Авторы статей в журнале №4 (34) 2013 г.	78



'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 4 (34) 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

Ignat'eva, N.E.

Deputy Editor-in-Chief

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

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

Patrakhaltsev, N.N.

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

Pronin, E.N.

member of the Council, NGVRUS

Stativko, V.L.

vice-president, NGVRUS, Candidate of Science

Fateev, V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

Editor

Ersnova, O.A.

Subscription and Distribution

Department

Ionova, V.A.

Editorial office address:

304 - 11, Luganskaya str., 115304, Moscow

Tel/fax: (495) 321-50-44, 321-62-81

E-mail: transport.1@ngvrus.ru,

www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 25.06.2013

Endorsed to be printed on 25.06.2013

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

Boris Cheminava St. Petersburg International Gas Forum	3
Anastasia Martynova Conference Resume: «The Main Directions of the Gas-engine Fuel Market Development in Russia»	4
Anastasia Martynova World Trends and Stimulation Measures on Gas-engine Fuel Market	6
Denis Kornienko The Main Directions of the Gas-engine Fuel Market Development in Russia	7
Andrey Dubrovin Problems of Gas-engine Vehicles Implementation in Transport Enterprise	8
Sergei Prokofiev Main Problems in Developing NGV Market in Russia: Transportation Companies Point of View	9
Dario Lukarelli Future Belongs to Methane	10
Petr Zolotarev Gas Fuel: Ecological and Economical Symbiosis	11
Rafael Batirshin, Alfred Gatiyatov Natural Gas Vehicle Technology KAMAZ – as a Tool of Energy Saving and Energy Efficiency	12
Michal Slizak Development of LNG-fuelled Buses Market in Europe	13
Valeriy Yashin, Il'dar Ganiev Future Trends of Development of the Production of the Stations of Full Factory Readiness for Motor Transport Enterprises	14
Frank Häberli Infrastructure Creation for Gasification of the Motor Transport: Decisions Exist	15
Maksim Shikunets, Alexander Balashov Mobile CNG Filling Station	16
Sergey Mandrik CJSC «Promenergomash» Participation in Fueling Network Development	17
Yakov Mkrtychian, Stanislav Lyugai, Daniil Selivanov The Basic Principles of Building and Developing Long-distance Gas Transport System	22
Mikhail Shatrov, Alexey Khachian, Vladimir Sinyavsky, Ivan Shishlov Analysis of the Ways to Convert Automobile Diesel Engines to Operate on Natural Gas	29
Viktor Erokhov Designing and Calculation of the EGR System of Modern Engines	36
Sergey Grigoriev Hydrogen Electrochemical Systems for Transport on Alternative Fuels	43
Sergey Semenishchev, Vadim Glukhov, Pavel Merzlyakov, Olga Kilina, Vladimir Popov Manufacturing Metal-Composite Cylinders	52
Vjacheslav Kamaltdinov, Markov Vladimir, Gennady Dragunov Calculation Research of the Combustion Process and Characteristics of the Diesel Engine and HCCI Engine	56
Andrey Evstifeev Calculating the Reliability of Gas Motor Fuel Supplies System to Consumers	61
Vladimir Shishlov Submission of Gas Fuel at Pressurization of Cylinders of the Engine with Spark Ignition	66
Dmitry Khudyakov, Igor Blyankinshteyn Lapses of Monitoring of Fuel Consumption on Fuel Level in a Vehicle Tank	70
Igor Aleksandrov, Evgeny Nesgovorov Automatic Control System Providing Recuperation of Breaking Energy into the Storage of Hybrid Power Unit	73
Abstracts of articles	76
Contributors to journal issue No. 4 (34) 2013	79





III Петербургский Международный Газовый Форум

Б.Т. Чеминава, специалист отдела маркетинга ООО «Газпром газомоторное топливо»

Петербургский Международный Газовый Форум, крупнейшее ежегодное событие для профессионалов газовой отрасли, выступает единой площадкой взаимодействия компаний нефтегазового бизнеса из различных городов России и стран ближнего зарубежья. Форум проходит ежегодно, начиная с 2011 г.

В этом году он принял более 1000 посетителей и подтвердил свой высокий статус.

Все эти годы поддержку Форуму оказывает ОАО «Газпром». Председатель правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер на церемонии открытия III Петербургского Международного Газового Форума отметил, что Санкт-Петербург стал одной из стратегических площадок для газовой отрасли России.

Мероприятия Форума посетили более 1100 человек, что в два раза больше чем в 2012 г. Эти цифры подтверждают высокий уровень проведенного мероприятия и растущий интерес к нему. В этом году особое внимание было уделено вопросам развития рынка газомоторного топлива. Петербургский Международный Газовый Форум стал первой площадкой для презентации созданного в конце 2012 г. ООО «Газпром газомоторное топливо», которое выступило организатором конференции

«Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России». Конференция была проведена в рамках II Международного конгресса специалистов нефтегазовой индустрии. Конгресс состоял из семи тематических конференций и двух заседаний научно-технических советов – ОАО «Газпром» и ОАО «Газпром газораспределение».

В рамках конференций Форума рассматривались вопросы повышения эффективности бизнес-процессов в распределении газа, внедрения новых технологий, интеграции газораспределительных организаций в единое информационно-технологическое пространство Группы «Газпром», а также направления развития рынка газомоторного топлива России. В мероприятиях участвовали генеральные директора региональных газовых

компаний, газораспределительных организаций и профильных представителей органов исполнительной власти субъектов РФ.

Второй составной частью Форума стала выставка «InGAS Stream-2013 / Инновации в газовой отрасли», посвященная новейшим разработкам в области разведки, добычи, распределения и использования газа, а также топливных элементов на природном газе. Активно обсуждались перспективы развития международных инвестиционных проектов в сфере мирового газового хозяйства, переработки нефти и газа. Выставка стала одним из основных мероприятий нефтегазовой отрасли. В ее экспозиции были представлены: газозаправочная техника компании Gazprom Germania GmbH, автобусы, работающие на природном газе, производителей Solbus и ОАО «КАМАЗ», стенды компаний-производителей газозаправочных станций, оборудование для АЗС и АГНКС, газобаллонное и газоиспользующее оборудование, контрольно-измерительная аппаратура для газовой отрасли. Экспозиция вызвала живой интерес у посетителей Форума и потенциальных клиентов.

Еще одним элементом Форума являлась XVII Международная специализированная выставка газовой промышленности и технических средств для газового хозяйства «РОС-ГАЗ-ЭКСПО». В выставке приняли участие ведущие российские и зарубежные предприятия.

В рамках Форума в 2013 г. впервые был запущен онлайн-сервис «Система назначения деловых встреч» для поиска потенциальных партнеров. Участники и посетители форума в период подготовки и проведения выставки имели возможность опубликовать информацию о компании, ее новинках, целевых группах клиентов и партнеров. В дни проведения Форума состоялась серия встреч на площадке Центра деловых контактов.

Петербургский Международный Газовый Форум в очередной раз подтвердил свой статус важного звена в поддержании имиджа Российской Федерации как надежного партнера на мировой арене и лидера нефтегазовой отрасли.





Итоги конференции «Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России»



А.В. Мартынова, к.э.н., ведущий специалист отдела маркетинга ООО «Газпром газомоторное топливо»

14 мая 2013 г. в рамках III Петербургского Международного Газового Форума состоялась конференция «Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России», организованная ООО «Газпром газомоторное топливо» и ЗАО «ЭкспоФорум», на которой были рассмотрены текущее состояние рынка газомоторного топлива в России, проблемы и направления его развития, международный опыт.

Более 80 участников отметили высокий уровень проведения конференции и растущий интерес, в том числе и со стороны государства, к транспорту на газомоторном топливе.

На конференции прозвучало более 15 докладов, в которых были освещены направления использования компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива, перспективы использования сжиженного природного газа (СПГ), вопросы экологии, приведен мировой и европейский опыт развития газомоторного рынка, рассмотрены существующие проблемы потребителей, производителей автомобилей, оборудования и создателей заправочной инфраструктуры.

Участники отметили, что в Европе альтернативные виды топлива конкурируют между собой, а технологии развиваются параллельно. При этом топливо на базе природного газа имеет свои преимущества: возможность использования для всей линейки транспортных средств, «настраиваемость» (модифицируемость) заправочной инфраструктуры, например, при переходе с КПГ на СПГ. К тому же

природный газ обеспечивает топливную безопасность страны в отличие от традиционных видов топлива, поставки которых зависят от функционирования НПЗ. Природный газ устойчив к экстремально низким температурам. Так, при 55-градусном морозе в Якутии только газобаллонная техника выдерживает такие условия.

Для рядового потребителя первоочередной задачей является понимание различий между КПГ, СПГ и сжиженным углеводородным газом (СУГ), а также другими альтернативными топливами. Этому будет способствовать слаженная просветительская работа всех участников рынка. Сейчас газовый транспорт особенно популярен на юге России, в таких городах как Краснодар, Ростов-на-Дону, Волгоград, Астрахань.

Экспертами был отмечен быстро развивающийся и многообещающий рынок СПГ. В ближайшей перспективе доставка СПГ на заправочные станции позволит использовать его в качестве моторного топлива как в сжиженном виде, так и в компримированном после регазификации. Большие перспективы у СПГ и в качестве бункерного топлива. Уже сейчас в Европе

реализуется более 30 инфраструктурных СПГ-проектов.

На конференции также были затронуты вопросы экологии. Эксперты отмечали, что использование газовых двигателей на транспорте помогает бороться с шумовым загрязнением среды. Например, в Европе стало удобнее осуществлять ночную доставку товаров, продуктов питания в центральные районы городов. Были отмечены также недостатки устаревшей российской методики определения объема автомобильных загрязнений. Так, объем автомобильных выбросов в Санкт-Петербурге будет отражать только данные по автомобилям, зарегистрированным в 78-м, 98-м, 178-м регионах, что, безусловно, далеко от сегодняшней транспортной ситуации в мегаполисе.

Необходимо отметить, что в вопросе статистического учета по рынку газомоторного топлива появились определенные сдвиги. Принятое 13.05.2013 г. распоряжение Правительства № 767-р поручает Росстату установить, начиная с 1.01.2014 г., формы федерального статистического наблюдения в отношении количества транспортных средств на КПГ и СПГ, количества объектов газозаправочной инфраструктуры, объема реализации природного газа в качестве моторного топлива. Принятые меры позволят участникам рынка ориентироваться на единообразные данные, что улучшит понимание текущей ситуации и достигнутых результатов.

Ценность проведенной конференции во многом заключалась и в



возможности прямого диалога различных участников рынка газомоторного топлива – от потребителей до автопроизводителей, поставщиков оборудования и строителей объектов газозаправочной инфраструктуры.

Корпоративные потребители газомоторной техники отмечали нехватку готовых финансовых решений для покупки транспорта. Одной из проблем является отсутствие вторичного рынка газомоторной техники, в связи с чем ее ликвидность для финансовых институтов представляется неочевидной. Была также озвучена идея создания фонда содействия предпринимателям, выступающего как источник необходимых финансовых гарантий, на рынке газомоторного топлива.

С точки зрения массовых потребителей актуальным оказался вопрос сопоставимости единиц измерения газа и традиционных топлив для демонстрации ценовой выгоды. Необходимы также меры стимулирования индивидуальных потребителей. Одним из вариантов могла бы стать пятилетняя программа субсидирования покупки легкового транспорта на ГМТ, для которого, в отличие от

грузового транспорта и специальной техники, потребовались бы меньшие затраты бюджета. Другой вариант поддержки – программа утилизации с выгодой при приобретении газового автомобиля. Пример Италии показывает, что эффективность программы была обеспечена за счет возложения на автодилеров административных функций по взаимодействию с профильными ведомствами. При этом простой покупатель избавлен от необходимости хождения по инстанциям для получения скидки, субсидии, возвращения налога. В России принятие такой меры имело бы большие шансы на успех.

Не остались без внимания и вопросы, связанные с заправочной инфраструктурой. Приводился опыт Германии, где стратегия по развитию системы АГНКС опиралась на строительство модулей с КПП на обычных АЗС. В этом случае для потребителя не возникало трудностей, он ехал на привычную заправку с теми же кафе, магазином, сервисным пунктом. Отличие заключалось лишь в заправляемом топливе. К тому же капитальные и операционные затраты на строительство блока для КПП

значительно ниже, чем полноценной АГНКС.

Однако для России такое направление развития сети пока не может быть главенствующим – мешают жесткие требования норм пожарной безопасности, обязывающие территориально разносить заправки для разных видов топлива. Участники высказывались за возможность создания «коробочного» решения для строительства АГНКС – некоего готового пакета документов и порядка его согласования со всеми инстанциями. Рассматривалась возможность варианта франшизы. Пока эти вопросы находятся в стадии проработки. В качестве альтернативного способа заправки автопарка могут быть использованы передвижные автогазозаправщики (ПАГЗ). Варианты подобных мобильных решений были представлены как докладчиками на конференции, так и в рамках выставочной программы Форума.

Несмотря на большое количество освещенных на конференции вопросов, участники предлагали последующие темы обсуждений и привлечение в ряды докладчиков собственников АГНКС из стран с разной степенью государственного стимулирования рынка природного газа, например, итальянских и китайских, а также представителей стран СНГ. Другим важным направлением стало бы приглашение банкиров, специалистов лизинговых компаний для обсуждения вариантов финансирования развивающегося рынка. Интерес представляли бы и доклады представителей администраций регионов и городов, в которых есть опыт внедрения газомоторного топлива. Было выявлено и отсутствие детального представления о планах ООО «Газпром газомоторное топливо» в части развития рынка ГМТ, в связи с чем было принято решение в будущих выступлениях более подробно осветить данное направление.



Выступление на конференции



Мировые тренды и меры стимулирования рынка газомоторного топлива

А.В. Мартынова, к.э.н., ведущий специалист отдела маркетинга ООО «Газпром газомоторное топливо»

На сегодняшний день в мире сжатый природный газ (СПГ) – надежное, хорошо зарекомендовавшее себя топливо. СПГ служит базовым топливом, с которым удобно работать уже сейчас, а технологии на основе сжиженного природного газа (СНГ) рассматриваются как перспективные. Мировой рынок газомоторного топлива развивается разнонаправленно и имеет свои отличия в зависимости от макрорегиона.

ЕВРОПА

С 2012 г. в ЕС действует проект «Чистый транспорт», ориентирующий автопроизводителей на соответствие продукции экологическим требованиям. В 2010–2013 гг. десятью странами Евросоюза реализован проект GasHighWay по развитию сети АГНКС на магистралях. Предложены максимальные расстояния между заправками: 150 км для СПГ и 400 км для КПП. Принят экологический стандарт Евро-5, ужесточающий объем выбросов для большегрузных автомобилей. Западная Европа тестирует водные СПГ-проекты: в марте этого года на Рейне начала работу первая баржа Greenstream на сжиженном природном газе.

В Южной Европе в Италии развивается сеть АГНКС: четыре области заключили соглашение с Ассоциацией автострэд и туннелей и Нефтяным союзом, согласно которому планируется выделить около 20 площадок для строительства АГНКС. В Германии и Чехии к 2015 г. Газпром построит 13 новых АГНКС. Германия активно стимулирует рынок ГМТ: немецкое энергетическое агентство DENA разработало дорожную карту по развитию транспорта на природном газе и биогазе, которая предполагает координацию участников рынка и предлагает перечень географических точек, где требуется размещение АГНКС для покрытия заправочной инфраструктурой территории страны.

Производители автомобилей также стремятся к созданию моделей на природном и биогазе. Свидетельством тому

стали новинки Женевского автосалона – 2013, в числе которых представлены модели SEAT Mii EcoFuel, Mercedes-Benz, B 200 NGD, VW Golf TGI BlueMotion.

АЗИЯ

В Азии лидером ГМТ-сегмента является Китай, где к 2015 г. число грузовиков на СПГ может достичь 247 тыс. ед. Переход на ГМТ стимулирует и Казахстан: власти планируют установить привлекательные цены на КПП (на 60 % дешевле традиционного) и привлечь для строительства АГНКС, помимо государственных, частные компании. Также правительство Казахстана и Департамент энергетики США совместно разрабатывают дорожную карту по внедрению природного газа на транспорте.

В январе текущего года в столице Индонезии Джакарте прошел VII Форум ANGVA. Сейчас в городе насчитывается более 500 автобусов на КПП, а к концу 2013 г. планируется восстановление 20 АГНКС.

Вьетнам следует общему тренду: в мае в Хошимине вышел на маршрут первый вьетнамский автобус на КПП компании Samco. До апреля 2014 г. ожидается поставка еще 300 таких машин. В развитии инфраструктуры АГНКС Вьетнама предполагается участие и зарубежных компаний, в частности, Gazprom EP International B.V.

АМЕРИКА

США – лидер по стимулированию развития рынка КПП и СПГ. Государство само подает пример – Барак Обама

распорядился перевести на альтернативное топливо парк правительственных автомобилей. Переводом на газ и информационной поддержкой муниципалитетов ведает организация The General Services Administration (GSA). Корпорации с большим автопарком, такие как AT&T, FedEx, PepsiCo, UPS, Verizon, создали национальное партнерство National Clean Fleets Partnership. В парке компании UPS уже 933 грузовые машины на КПП и 93 автокаров на СПГ. Рядовым потребителям предоставляется отсрочка платы за топливо для газовых и двухтопливных автомобилей по госпрограмме The NAT GAS Act.

Среди новинок газомоторной техники – первый автобетоносмеситель 114SD на КПП Daimler Trucks; Volvo Trucks представил прототип газового двигателя D13-LNG для США. Производитель газотопливных систем Landi Renzo USA подписал соглашение о расширении сбыта своей продукции в Канаде, а компания Westport WiNG открывает в Онтарио интеграционный центр для газомоторного транспорта.

В Центральной и Южной Америке растет число потребителей КПП. В мексиканском городе Сальтильо планируется заменить свыше 600 автобусов на новые, работающие на КПП. В Доминиканской Республике набирает темпы переоборудование автотранспорта. В марте на газ был переведен 10-тысячный автомобиль, а в стране уже работают 14 АГНКС.

В Аргентине действует государственная программа Ecobuses – в Буэнос-Айресе недавно стартовали первые рейсы 12 автобусов на КПП.

В Боливии для стимулирования перехода на газомоторное топливо создана организация NGV Conversion Executing Entity (Общество перевода транспорта на природный газ). Всего в республике планируется перевести свыше 34 тыс. ед. транспорта на КПП.



Основные направления развития рынка газомоторного топлива в России

Д.Г. Корниенко, к.э.н., заместитель генерального директора по коммерческим вопросам ООО «Газпром газомоторное топливо»

Определены этапы развития газомоторной отрасли, поставлены стратегические цели и спрогнозирована динамика строительства заправочной инфраструктуры до 2020 года.

Газомоторная отрасль – одна из наиболее динамично развивающихся в современной мировой экономике. Укрупненно можно выделить два направления развития: массовое, хаотичное (несистемное) потребление газа на транспорте (Пакистан, Иран) и поступательное с одновременным развитием новейших технологий (США, Китай). Рынки стран, технологических лидеров, характеризуются высокой скоростью развития, системной межотраслевой работой по внедрению газомоторного топлива (ГМТ) на транспорте, использованием технологий по сжиженному природному газу (СПГ).

Для России природный газ выступает надежным энергоресурсом, на территории страны сосредоточено 23,7 % его мировых запасов. Использование природного газа в качестве моторного топлива имеет экологические, экономические и технические преимущества, а также соответствует государственной стратегии развития энергетики – диверсификации в области энергопотребления. Природный газ – самое

подготовленное к внедрению альтернативное топливо, поскольку имеется опыт его использования, автопроизводители уже приступили к расширению линейки газовых транспортных средств, существует базовая заправочная инфраструктура.

В настоящее время Россия занимает 2-е место в мире по добыче природного газа и только 14-е по потреблению ГМТ. Ежегодное потребление сжиженного природного газа (КПГ) составляет 388 млн м³ – это всего лишь 0,2 % в структуре рынка моторного топлива России, а существующая заправочная инфраструктура не отвечает запросам растущего транспортного сектора – на 1 тыс. км² площади страны приходится всего 0,01 заправочной станции.

Для повышения конкурентоспособности страны в мировой экономике необходимо ускорить темпы внедрения ГМТ на транспорте, а существующую инфраструктуру использовать как базу для внедрения передовых мировых технологий. Особую роль в развитии рынка будет играть ООО «Газпром

газомоторное топливо», выступая единым оператором и координатором этого развития.

Стратегическими целями развития бизнеса ООО «Газпром газомоторное топливо» к 2020 г. станут: реализация 10,4 млрд м³ КПГ и 3,8 млн т СПГ в год; доведение доли ГМТ в структуре рынка моторного топлива России до 4,5%.

Основными этапами развития газомоторной отрасли будут являться следующие.

1. Развитие потребления ГМТ на пассажирском транспорте, в секторе ЖКХ, сельском хозяйстве и в сегменте локальных перевозчиков. Заправка техники на существующих автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) и с помощью передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗ). Основные меры стимулирования – государственные.

2. Потребление ГМТ компаниями малого и среднего бизнеса, частными потребителями. Развитая сеть АГНКС, модули КПГ на многотопливных автозаправочных комплексах (МАЗК), заправка ПАГЗ. Меры стимулирования – кредитно-финансовые инструменты, рекламная поддержка.

3. Внедрение СПГ-технологий для магистральных автоперевозок, сельскохозяйственной техники. Строительство мощностей по производству СПГ и заправочной инфраструктуры. Меры стимулирования – работа с автопроизводителями по выпуску СПГ-техники.

4. Внедрение СПГ-технологии на железнодорожном и водном видах транспорта. Стимулирование производства СПГ-транспорта.

Для достижения поставленных целей требуется строительство к 2020 г. в целом по отрасли 2,5 тыс. объектов газозаправочной инфраструктуры (рисунок).

Вместе с тем, опыт развитых стран показывает, что эффективное развитие рынка ГМТ возможно только при скоординированной системной работе всех участников рынка и представителей органов власти. Мы призываем всех коллег к слаженной и продуктивной работе.





Проблемы внедрения газомоторной техники на транспортном предприятии

А.Б. Дубровин, к.э.н., финансовый директор компании «Армада»

Сегодня на разных уровнях власти и бизнес-сообщества много говорят о газомоторном топливе, экономическом и экологическом эффектах, проблемах его использования. Идея хорошая и правильная, однако существует и ряд проблем, которые требуют своего решения.

Компания «Армада» является крупным автотранспортным предприятием. Я понимаю, что мы находимся лишь в начале пути перехода на газомоторное топливо, а на начальном этапе должен присутствовать некий инфраструктурный и правовой базис, от которого бизнес мог бы оттолкнуться. Условия должно создавать государство. Пока их нет. Переход на газомоторное топливо на первый взгляд кажется экономически выгодным. На деле мы столкнулись с проблемами, которые я хотел бы донести до госчиновников, Газпрома и предложить несколько системных вариантов их решения.

Проблема первая – инфраструктурная. Модернизация автомобилей под газовое топливо сегодня выглядит бессмыслицей ввиду отсутствия заправок. В Санкт-Петербурге всего одна АГНКС. Планируется открытие еще трех, но в тех районах, куда грузовикам доступ закрыт. Это значит, что нам нужно два раза в день гонять машины через весь город на заправку. Теряется время, а вместе с ним и смысл.

Решением этой проблемы на первое время могла бы стать организация мобильных заправокных

комплексов для предприятий, которые перевели свой автотранспорт на газ. Предпочтительный вариант – это государственное содействие предприятиям в создании АГНКС закрытого типа. Содействие это может быть выражено в виде упрощения процедур согласований и субсидирования затрат на строительство, предоставления заправокного оборудования в лизинг по спецпрограмме.

Проблема вторая – финансовая. Мы решили купить новые машины с изначально газовым двигателем, у которого потребление топлива ниже, а моторесурс в разы выше, чем у переоборудованного автомобиля. Очевидно, что масштабная закупка основных средств имеет экономическую целесообразность лишь при поддержке лизинговых компаний или банков. Тут кроется очередная серьезная проблема. Финансовые структуры заключают, что приобретаемая техника неликвидна (ее некому продать на вторичном рынке в случае изъятия), поэтому в залог ее не принимают.

Решение данной проблемы мне видится в создании Фонда содействия кредитованию техники на газомоторном топливе, учредителями которого могли бы выступить

ОАО «Газпром» и местный бюджет. Также в процесс покупки газомоторной техники можно вовлечь Газпромбанк и/или Газпромбанк Лизинг.

Проблема третья – материальная база. Сегодня на внутреннем рынке нет серьезной отечественной грузовой и дорожно-строительной техники (кроме КАМАЗа), поэтому ее львиная доля ввозится из-за рубежа. Импортные машины не субсидируются, облагаются пошлинами на ввоз, что не содействует переходу российских автопарков на газ. Решение этой проблемы очевидно и вполне обоснованно – это временная отмена ввозных пошлин и введение субсидий, пока аналогичное оборудование не начнет производиться в России.

Проблема четвертая и последняя – стереотипы. В прессе недопустимо мало пропаганды газомоторного топлива. Льется один негатив. Большинство наших сограждан до сих пор считает, что перевод на газ – это желание Газпрома получить «большой куш» бюджетных денег или способ его спасения от «сланцевой революции». Считаю необходимым активизировать освещение в СМИ работы предприятий, уже использующих газомоторное топливо.

В заключение хотелось бы выразить надежду, что компаниям-первопроходцам, использующим газомоторное топливо, будут предоставляться дополнительные льготы и преференции.



Взгляд перевозчика на трудности развития газомоторной техники в РФ

С.С. Прокофьев, директор по развитию ООО «СТОРК»

Использование транспорта на КПГ и СПГ дает экономию расходов на топливо, однако при этом появляется ряд специфических рисков для перевозчиков, снижение которых часто имеет ключевое значение для развития рынка газомоторной техники в Российской Федерации.

Ключевыми участниками рынка газомоторной техники являются транспортные компании. Именно они принимают решения о переводе техники с традиционного топлива на природный газ, оценивая при этом все плюсы и минусы данного шага. Задача остальных участников рынка сделать так, чтобы переход на газомоторную технику был выгоден для перевозчиков.

Основным преимуществом газомоторной техники является экономия затрат на топливо, однако при этом возникают дополнительные расходы, обусловленные следующими причинами:

- более высокой стоимостью газомоторной техники и лизинга (до 20 %) по сравнению с традиционной дизельной техникой;
- необходимостью специальных противопожарных и технических мероприятий при хранении и ремонте газомоторной техники;
- организацией обучения персонала для эксплуатации и ремонта газомоторной техники в соответствии с российским законодательством;
- затратами на дополнительные пробеги для заправки природным газом на АГНКС, часто расположенные в местах менее удобных, чем традиционные АЗС.

Несмотря на эти дополнительные расходы, экономия затрат на топливо все равно существенно выше.

Вместе с тем переход на газомоторную технику несет для транспортных компаний ряд специфических рисков, снижение которых одним перевозчиком не под силу.

Ликвидность газомоторной техники

В силу низкой распространенности газомоторной техники в России вторичный рынок такой техники слабо развит, что создает риск ее невостребованности на вторичном рынке. Данный факт влияет как на политику кредитных организаций при кредитовании покупки газомоторной техники, так и на ожидаемую норму рентабельности такой техники для перевозчика. Решить данную проблему и снизить риск могло бы развитие операционного лизинга, который, в отличие от развитых стран, слабо распространен в России.

Повышение цен на газомоторное топливо

На сегодняшний день ценовая конъюнктура ГМТ в России крайне благоприятна для развития рынка газомоторной техники. Цена 1 м³ КПГ в среднем в 3 раза ниже, чем 1 л ДТ. При этом цена КПГ может значительно варьироваться даже в соседних регионах. В качестве примера можно привести Вологодскую и Ярославскую области. С образованием единого оператора газомоторного топлива ООО «Газпром газомоторное

топливо» такие перекосы будут постепенно ликвидированы. Однако перевозчики опасаются, что по мере роста потребления КПГ цена на него будет расти быстрее, чем на ДТ, и прогнозируемая экономия затрат на топливо может существенно снизиться. И хотя объективные предпосылки к такому развитию событий на сегодня отсутствуют, риски все же остаются.

Действующее до сих пор Постановление Правительства России от 15.01.1993 г. № 31, которое предусматривает ограничение стоимости КПГ 50 % стоимости бензина Аи-76, явно устарело, да и сам бензин Аи-76 (Аи-80) стремительно исчезает с рынка. Для потребителей КПГ необходимы новые механизмы долгосрочных гарантий, которые обеспечат экономию затрат на топливо и позволят прогнозировать эту экономию на длительный период.

Повышенное внимание со стороны регулирующих органов

Работа с газовой техникой связана с дополнительными мерами противопожарной и технической безопасности. Пристальное внимание контролирующих органов к газовой технике не должно создавать угрозу бизнесу, а призвано ограничиваться контролем соблюдения мер безопасности.

Влияние перевозчиков на снижение описанных выше рисков минимально, однако другие участники рынка, среди которых поставщики техники, природного газа, финансовые институты и государство, способны оказать существенное влияние на снижение и даже ликвидацию данных рисков, что может побудить многих перевозчиков к переходу на газомоторное топливо и дать значительный импульс развитию рынка в целом.



Будущее за метаном

Д. Лукарелли, менеджер по работе с ключевыми клиентами компании Iveco

Автомобили, работающие на сжиженном (КПГ) или сжатом (СПГ) природном газе, – это ответ компании Iveco на необходимость обеспечить охрану окружающей среды, что является приоритетным требованием глобального масштаба. При этом компания гарантирует конкурентоспособность, топливную экономичность и высокую производительность – характеристики, необходимые для любого коммерческого автомобиля.

Разработки специалистов Iveco в области применения газовых двигателей начались в 1998 г., а серийное производство автомобилей с малотоксичным выхлопом – в 2005 г. Сегодня Iveco является одной из немногих компаний, предлагающих грузовики с серийно выпускаемыми газовыми двигателями.

Природный газ – простое по химическому составу топливо, сгорающее без образования дыма. Содержание оксидов азота (NO_x) и сажи (PM) в отработавших газах двигателя на КПГ почти вчетверо ниже допустимых пределов. По надежности газовый двигатель не уступает дизелю, а по чистоте выхлопа и уровню шума значительно его превосходит. В газовых двигателях автомобилей Iveco реализован стехиометрический процесс сгорания топлива, то есть обеспечено оптимальное соотношение количества топлива и воздуха в топливной смеси. Трехходовой каталитический конвертер позволяет снизить токсичность выхлопа до уровня ниже предусмотренных требованиями стандартов Евро-5 и EEV. Значительно уменьшается и износ деталей двигателя, а это – увеличенные интервалы между плановым техобслуживанием и снижение затрат на ремонт выхлопной системы. Многочисленные тесты и испытания

газовой техники, а также опыт инженеров Iveco гарантируют максимальную безопасность.

В сегменте малотоннажных грузовиков Iveco предлагает газовый фургон на базе шасси Daily 50C14G, являющийся лучшей альтернативой дизельному аналогу в городских условиях эксплуатации. Например, Daily с дизельным двигателем потребляет 15 л топлива на 100 км, а Daily Natural Power – 15 м³ метана. При годовом пробеге в 60 тыс. км экономия составит от 60 тыс. до 80 тыс. руб. Такие автомобили уже приобрела компания «Мосавтохолд», специализирующаяся на доставке охлажденных и замороженных продуктов для столичных супермаркетов.

Давний партнер Iveco компания «Меркатор Холдинг» также поддерживает идею газификации автопарков, поставляя коммерческие автомобили для коммунальных нужд. В числе таких машин – мусоровоз CRV 1600, изготовленный на базе шасси Iveco Stralis AD190S27/P CNG с газовым 6-цилиндровым двигателем мощностью 189 кВт. Максимальный крутящий момент в 1100 Н·м достигается уже при 1100 мин⁻¹. Средний расход топлива в смешанном цикле составляет примерно 23,3 м³/100 км. При цене метана 9,9 руб./м³ 100 км пути обойдутся в 230 руб.

Помимо КПГ-версии, существует и СПГ-версия тягача Iveco Stralis, оборудованного баками для СПГ, который содержится в криобаллоне под давлением 1,1 МПа при температуре –162 °С. Баллон выдерживает критические нагрузки, в том числе открытый огонь. Сжиженный газ перед подачей в двигатель разогревается и выпаривается до состояния сжатого. Использование СПГ дает возможность значительно увеличить производительность автомобиля, а за счет уменьшения массы баллонов грузоподъемность возрастает на 100 кг. Кроме этого, автомобиль может проехать больше на 450 км, что дает возможность использовать его в поездках на дальние расстояния и еще больше экономить за счет снижения стоимости топлива. Пока, к сожалению, это предложение не столь актуально для российского рынка ввиду малоразвитости сети заправочных станций для СПГ.

Содействие развитию газового транспорта во всем мире и в том числе в России является для Iveco приоритетной задачей. Именно поэтому мы активно продвигаем идею обновления транспортного парка российских предприятий с учетом выгоды использования природного газа в качестве альтернативного источника энергии. Между компаниями ООО «Ивеко Россия» (российское представительство компании Iveco в РФ) и ООО «Газпром газомоторное топливо» недавно было подписано соглашение о сотрудничестве в сфере развития газомоторного парка грузовых автомобилей. Компании договорились о проведении совместных мероприятий по разработке и реализации программ испытания газомоторной техники, подготовке нормативно-правовой и законодательной базы, проведении информационных акций, направленных на популяризацию использования природного газа в качестве автомобильного топлива. Iveco также передаст Газпрому несколько единиц газовой техники в опытную эксплуатацию и будет регулярно предоставлять автомобили для экспозиции на региональных и международных выставках с участием партнеров.

Сравнительная характеристика потребления газового и дизельного топлива автомобилями IVECO

Параметры	Марки автомобилей			
	Daily 50C14G	Eurocargo ML120E20	Stralis CNG AD260S27YPS	Stralis LNG AT440S33/P
Расход метана (смешанный цикл), м ³ /100 км	14,5	23,3	48	48,5
Расход дизтоплива (смешанный цикл), л/100 км	15	18	36	38
Объем баллонов (стандартная комплектация), л	224	480	880	560 (СПГ) 280 (КПГ)
Объем заправляемого газа (стандартная комплектация), м ³ /л	51	105	194	360
Дальность хода (смешанный цикл), км	350	450	405	750
Экономия, руб./10 тыс. км	35 000	36 100	70 800	76 900



Газовое топливо: симбиоз экологичности и экономичности

П.С. Золотарев, исполнительный директор проекта CNG, корпорация «Русские машины»

За последние десять лет в мировой экономике и промышленности произошло кардинальное смещение внимания к природному газу как топливу для автотранспорта. Сегодня это один из самых популярных альтернативных источников энергии, позволяющий сделать процесс перевозки людей и грузов более экономичным, экологичным и безопасным.

С 2003 по 2013 г. мировой парк автомобилей вырос в 10 раз, сегодня темпы его прироста составляют 20-22 % в год, а в связи с высокими ценами на нефть эта тенденция во всех прогнозах сохраняется.

Газовое топливо, в отличие от традиционного жидкого моторного топлива – бензина и дизеля, не требует затрат на его перегонку и переработку, что обуславливает снижение его стоимости для конечного потребителя. Газ имеет октановое число не ниже 104, детонационные процессы исключены, при этом по горению и выработке энергии метан близок к традиционному моторному топливу. Это позволяет избежать значительных конструктивных переделок бензинового двигателя, что доказала «Группа ГАЗ», разработав и сертифицировав для конвейерного выпуска двухтопливные (КПГ/бензин) автомобили «ГАЗель БИЗНЕС».

Еще одним плюсом активного использования газового топлива является увеличение транспортной и энергетической безопасности страны – чем больше альтернативных топлив используется в государстве, тем меньше шанса попасть в экономическое «бутылочное горлышко» при неблагоприятном развитии ситуации с одним из видов топлива.

К сожалению, сегодня Россия занимает лишь 20-е место в мире по использованию компримированного газа

в автомобильных перевозках, при том что владеет 20 % мировых запасов этого природного ресурса. Глобальных причин для этого три – низкий уровень информированности потребителей, отсутствие заправок КПГ в достаточном количестве и сформированной государственной политики в этой сфере.

Рынок автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в России сегодня элементарно не развит. Строительство только АГНКС не решит задачу значительного расширения сети заправок КПГ. Газонаполнительные модули необходимо размещать на уже имеющихся АЗС. Это существенно снижает издержки на содержание АГНКС, а также является эффективным способом привлечения клиентов: как правило, современные автомобили, работающие на КПГ, являются двухтопливными, имеющими и бензиновый, и газовый циклы.

Сегодня «Группа ГАЗ» сотрудничает с крупнейшими производителями и поставщиками топлива – Роснефтью и Газпромом. Перепрофилирование их АЗС в многотопливные даст важнейший толчок к развитию газомоторного транспорта.

Мировой опыт показывает, что поддержку развитию рынка газобаллонных автомобилей должно оказывать государство как финансовыми, так и немонетарными методами

стимулирования. Оптимальным является вариант, где государство (в частности, Италия) стимулирует граждан приобретать газовые автомобили, предоставляя налоговые льготы и субсидии на покупку такого рода техники, а также создает рыночные преференции компаниям, развивающим экологические виды топлива. Модель Германии, где главным двигателем роста выступает лишь экономическая выгода потребителей (сокращение затрат на топливо), по сравнению с итальянской пока оказалась менее эффективной.

«Группа ГАЗ» сегодня является одним из лидеров по производству автомобилей на газовом топливе. Мы имеем семь сертифицированных моделей автобусов от сверхбольших до малого класса, несколько модификаций газовых автомобилей «ГАЗель» и ведем работу по созданию машины, которая будет иметь пять баллонов на борту, что позволит увеличить пробег автомобиля на этом виде топлива до 400-450 км.

Мы уверены, что при поддержке государства произойдет стремительное увеличение парка газомоторных автомобилей. В первую очередь это коснется пассажирских перевозок. С ростом числа АГНКС газобаллонные автомобили станут привлекательными для владельцев малого бизнеса и такси. Таким образом удастся не только улучшить экологическую ситуацию в крупных городах России, но и остановить рост тарифов на перевозки. Если учесть, что в логистической составляющей расходы на топливо достигают почти 30 %, то при снижении их вдвое мы сможем сдержать рост тарифов на 15 %, что, безусловно, положительно скажется на сдерживании роста инфляции и на иных социально-экономических аспектах.





Газомоторная техника КАМАЗ – инструмент энергосбережения и энергоэффективности

Р.Р. Батыршин, генеральный директор ООО «РариТЭК»,

А.А. Гатиятов, заместитель генерального директора ООО «РариТЭК» по продажам и развитию

По оценкам специалистов, XXI век – это век газового топлива. По своим свойствам газовое топливо более всего приближается к представлениям об идеальном моторном топливе. Переход на альтернативные виды топлива является одной из главных задач мировых автопроизводителей.

Владельцы легковых автомобилей преуспели в использовании пропан-бутана, для грузовиков в качестве альтернативы традиционному топливу мировой опыт предпочитает метан. Мировые лидеры по числу газобаллонных автомобилей – Иран, Аргентина, Бразилия, Индия, Китай, Италия. Если сравнить этот список со списком наиболее развивающихся экономик мира, то можно найти прямую связь. Экономичность, экологичность и безопасность – вот три составляющие, которые характеризуют газовое топливо. Рассмотрим каждую из них.

Первая составляющая – экономичность. Средняя цена ДТ – 32 руб./л, бензина Аи-95 – 30 руб./л, бензина Аи-92 – 28 руб./л, метана – 10 руб./м³. Низкая цена метана обусловлена тем, что газ, извлекаемый из недр, используется без всякой последующей переработки.

Анализ эксплуатации восьми газовых дорожных машин ЭД-405АГ в Набережных Челнах за два года при их общем пробеге 459 тыс. км показал, что затраты на газ составили 2 048 285 руб., при аналогичной эксплуатации дорожных машин на ДТ – 5 867 769 руб. Разница – 3 819 484 руб.!

Эксплуатация 30 газовых автобусов НЕФАЗ-5299-30-31 в Краснодаре в 2011 г. характеризуется следующими данными: общий пробег – 1 848 тыс. км, затраты на газ – 9 255 352 руб. При эксплуатации автобусов на ДТ затраты составили бы 19 143 110 руб. Здесь разница – 9 887 758 руб.!

Следующий фактор экономичности – это ресурс газового двигателя. Природный газ, в отличие от нефтяных топлив, всегда остается в газовой фазе, что полностью исключает возможность ухудшения смазочных свойств моторного масла.

Вторая составляющая активного внедрения автомобилей на КПГ – экологическая безопасность. Метан – самое чистое топливо. При его сгорании образуется меньшее количество вредных веществ. Например, выбросы угарного газа в 5-10 раз, окислов азота в 1,5-2 раза, углеводородов в 2-3 раза меньше, чем у бензинового двигателя. По данным Минприроды, от 60 до 80 % загрязнения воздуха в крупных городах – это результаты выхлопов автотранспорта. А газовые двигатели помогут уменьшить экологическую нагрузку.

Третья составляющая газового топлива – безопасность. Нижний предел температуры самовоспламенения метана – 650 °С, ДТ – 320 °С, бензина – 250 °С. Пожароопасные концентрации метана находятся в пределах 4-15 % объема, а паров ДТ – 1,1-8 %.

Метан почти в два раза легче воздуха, поэтому при разгерметизации оборудования он сразу улетучивается. По классификации горючих веществ по степени чувствительности метан входит в самый безопасный 4-й класс.

Преимущества газомоторных автомобилей ясны и понятны. Почему же тормозится

их активное внедрение? На сегодня ситуация уже кардинально меняется – ощущается реальная господдержка на федеральном уровне, принимаются необходимые государственные законы, постановления и распоряжения правительства (Постановление Правительства от 26.09.2012 г. № 981, Распоряжение Правительства от 13.05.2013 г. № 767-р). Более того, уже действуют пилотные проекты в ряде регионов. Татарстан – республика номер один в этой работе. 6 марта прошло совещание с участием председателя совета директоров ОАО «Газпром», генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо» Виктора Зубкова и президента Республики Татарстан Рустама Минниханова. А уже 26 апреля постановлением кабинета министров Татарстана № 283 утверждена Программа развития газомоторного рынка в Республике Татарстан на 2013-2023 гг.

Для более активного продвижения газомоторного топлива необходим комплексный подход по созданию благоприятных условий. Главная проблема – недостаток специализированных заправочных станций (отсутствие инфраструктуры). Также необходимы государственные и региональные меры стимулирования производителей и потребителей.

Со своей стороны ОАО «КАМАЗ» постоянно расширяет модельный ряд газомоторных автомобилей. Сегодня предлагается вся линейка автотехники на газе – это автобусы НЕФАЗ, коммунальная, дорожно-строительная, специальная техника КАМАЗ, автокраны, седельные тягачи. Сервисная сеть автозавода активно включается в работу по продвижению и реализации газомоторных автомобилей, а также по организации сервисного обслуживания инновационной техники. КАМАЗ предлагает помощь в подборе техники, осуществляет изготовление и поставку, в том числе в лизинг от производителя, обучение персонала, обеспечивает гарантийным сервисным обслуживанием и участвует в организации газозаправочной инфраструктуры совместно с ОАО «Газпром».



Грузопассажирский автомобиль АРОК с КМУ



Развитие рынка СПГ в Европе

М. Сьлижак, директор по маркетингу ОАО «Сольбус»

Польская компания SOLBUS – единственный в Европе производитель автобусов на сжиженном газе (СПГ). Компания начала свое производство в 2008 г. выпуском городского автобуса SOLCITY с топливными баками, предназначенными для сжиженного метана.

В последующие годы компания расширила выпуск автобусов на СПГ. Все приходится делать впервые. Сейчас предприятие внедряет новые технологии, которые вызывают настороженность у потребителя, использует эксплуатационные термины, еще не прописанные на законодательном уровне. Поэтому сотрудничество с мировым лидером в добыче и переработке газа – российской компанией «Газпром» – меняет эту ситуацию к лучшему.

Благодаря поддержке российского газового гиганта весной 2012 г. автобусы компании SOLBUS на СПГ прошли тестирование на регулярных линиях в городах Варшава, Краков, Катовице, Ольштын, Гдыня и Торунь. Газпром предоставил передвижную газозаправочную станцию

с возможностью измерения газозатрат автобусов на линии. Замеры показали 10%-ю экономию газового топлива по сравнению с дизельным. Экологические показатели работы двигателей на СПГ также подтверждают преимущества данного вида топлива перед дизельным.

Во время тестовых испытаний автобусов SOLBUS и заправки на газозаправочной станции ОАО «Газпром» были сделаны замеры продолжительности данной процедуры. Результаты показали, что время заправки СПГ соответствует времени заправки автобуса компримированным природным газом (КПГ). При тестировании перевозчики отметили преимущество автобусов SOLBUS на СПГ – они на 600 кг легче автобусов, работающих на компримированном газе.

В связи с тем, что стоимость 1 кг природного газа в Европе дешевле, чем стоимость 1 л дизельного топлива, при эксплуатации автобусов SOLBUS экономия достигает 40 %. Изучив тенденции роста цен на дизельное топливо в Европе за несколько лет, можно рассчитать, что окупаемость затрат при покупке автобуса фирмы SOLBUS произойдет уже через 3-4 года несмотря на то, что его стоимость на 30 тыс. евро больше, чем автобуса на дизельном топливе.

В России значительная часть городского транспорта принадлежит частным компаниям, которые не получают поддержку государства при приобретении нового транспорта, поэтому обновление парка автобусами на СПГ нового поколения становится перспективным и экономически выгодным. Еще одним важным моментом перехода к эксплуатации автобусов на СПГ является подписание контрактов с перевозчиками не менее чем на 10 лет. Только при условии перспективы долгосрочного сотрудничества городских властей и перевозчиков лизинговые компании и банки будут заинтересованы в предоставлении своих услуг.

Эксперты считают, что использование СПГ для транспорта различного назначения, в том числе тяжелого, перспективнее, чем использование КПГ. Это связано с тем, что в стандартный бензобак компримированного газа входит в три раза меньше, чем СПГ. Именно этот факт учитывают европейские концерны при строительстве газозаправочных станций и определении их количества. Проект тестирования 30-50 автобусов на СПГ – это хороший стимул для строительства газозаправочных станций. Реализация такого проекта начнется в октябре 2013 г. в Ольштыне компаниями SOLBUS и Gazprom Germania GmbH.

Компания SOLBUS планирует продавать автобусы на СПГ в России, для чего предлагает правительству Калининградской области строительство завода по их производству. Уже в ближайшее время такие автобусы можно будет заправлять на новой газозаправочной станции Газпром на большой окружной дороге Калининграда.



Мобильная заправочная станция и автобус на СПГ



Перспективы развития производства АГНКС полной заводской готовности для автотранспортных предприятий

В.В. Яшин, генеральный директор ООО Объединение «Компрессор»,
И.Р. Ганиев, исполнительный директор ООО Объединение «Компрессор»

Основным путем снижения стоимости грузовых и пассажирских перевозок является перевод автотранспорта на газомоторное топливо. В настоящее время автотранспортные предприятия (АТП), находясь в условиях сильной конкуренции, стали искать пути уменьшения себестоимости своих услуг и повышения своей конкурентоспособности на рынке грузовых и пассажирских перевозок.

В России из-за высокой цены на бензин и дизельное топливо и низкой цены на природный газ сформировались благоприятные условия для использования более дешевого и экологически чистого газа (КПГ) – сжатого природного газа (СПГ). Перевод автотранспорта на КПГ и установка на территории АТП модульных АГНКС позволят значительно снизить затраты на горюче-смазочные материалы.

Для расширения сети АГНКС в Российской Федерации ООО Объединение «Компрессор» – одно из немногих отечественных производителей АГНКС полной заводской готовности – создало, совершенствует и постоянно расширяет номенклатуру выпускаемых заправочных модулей.

В настоящее время наши модули установлены на 36 объектах в Московской, Ленинградской, Свердловской, Воронежской,

Нижегородской, Вологодской, Волгоградской, Иркутской областях, а также в Ставропольском крае, Татарстане, Удмуртии, Коми, Белоруссии, Северной и Южной Осетии.

Шесть АГНКС в данный момент монтируются и проходят пусконаладочные работы на газопроводе «Северный поток».

ООО Объединение «Компрессор» руководствуется принципом поддержки отечественного производителя, поэтому компрес-



АГНКС ООО «Газпром трансгаз Томск»



АГНКС на 150 заправок (г. Цхинвал)

сорные заправочные модули более чем на 90 % состоят из узлов и деталей отечественного производства, включая компрессоры собственной разработки, которые ни в чем не уступают западным аналогам.

С учетом перспектив развития газобаллонного транспорта на КПГ мы разработали, изготовили и поставили пункт выпуска и аккумуляирования газа для объектов, на которых ремонтируют газобаллонный

транспорт. Из пребывающего на ремонт автомобиля с помощью этого оборудования газ откачивается и компримируется в аккумуляторе, а газобаллонная система продувается азотом. Затем транспорт поступает на ремонт и после него заправляется ранее откачанным газом.

В 2012 г. при модернизации ранее поставленных нами модулей были изготовлены четыре блока выпуска, аккумуляирования и дегазации, которые позволяют



Выпуск газа из пришедшего на ремонт автомобиля (г. Красноуральск)

производить выпуск газа и дегазацию автомобилей на объектах установки АГНКС.

В заключение хотелось бы отметить, что срок окупаемости оборудования уменьшается пропорционально росту цен на нефтепродукты, поэтому чем раньше автотранспортные компании перейдут на газ, тем раньше окупятся их затраты на покупку АГНКС и перевод подвижного состава на КПГ.



Блок выпуска, аккумуляирования и дегазации



Создание инфраструктуры для газификации автомобильного транспорта: решения существуют

Ф. Хэбери, вице-президент по продажам и маркетингу Hexagon Lincoln

В условиях дороговизны и дефицита запасов нефти сегодня самым простым и доступным выходом является перевод автотранспорта на газовое топливо. В сложившихся обстоятельствах становится актуальным создание эффективной инфраструктуры для обслуживания газифицированного автотранспорта.

Усилия многих автопроизводителей направлены на расширение перевода автотранспорта на газовое топливо. Причины такого развития событий очевидны:

- все имеющиеся на сегодня технологии по использованию возобновляемых источников энергии в производстве автомобилей пока далеки от широкого коммерческого внедрения;
- переход на газ не требует серьезных технологических изменений в устройстве двигателя внутреннего сгорания, что экономит время и средства;
- стоимость природного газа в настоящее время несоизмеримо ниже стоимости других углеводородов;
- на газ могут быть переведены уже находящиеся в эксплуатации транспортные средства.

При массовом переходе на газовое топливо наиболее актуальными я считаю две проблемы:

1. Транспортировка топлива, в том числе и самим автомобилем, в который оно заправлено.

2. Создание разветвленной сети газозаправочных станций.

Что касается транспортировки сжиженного газа, то технологическое решение лежит на поверхности и уже широко используется в быту – это повсеместное внедрение полимерно-композитных баллонов (четвертый тип). В сравнении с металлическими аналогами они имеют следующие очевидные преимущества:

- в среднем на 70 % легче, что снижает массу автомобиля и экономит затраты на транспортировку самого топлива;
- более вместительны, что увеличивает пробег автомобиля;
- не подвержены коррозии;
- срок их эксплуатации превышает 20 лет;

- их использование отвечает требованиям стандартов качества мировых автопроизводителей;
- пригодны для эксплуатации в условиях российского климата;
- их применение значительно снижает производственные затраты.

Если же говорить о сети заправок, то приходится признать, что на сегодня это слабое звено. Создание инфраструктуры для материнских и дочерних станций требует значительных денежных затрат. В этих условиях наиболее простым решением является концепция внедрения так называемых мобильных заправок, которая предполагает использовать следующее:

- полностью автономные мобильные заправочные комплексы, доставляющие газ «на колесах»;
- мобильный заправочный комплекс с запасом природного газа на борту, функционирующий как хранилище газа;
- газовый двигатель, обеспечивающий работу компрессора и снабжающий электричеством систему управления;
- компактные полимерно-композитные системы вместимостью до 8 тыс. л на трейлере, доставляющем метан для дочерних станций и мобильных заправочных комплексов;
- 20-футовый мобильный заправщик, способный заправить до 200 легковых автомобилей;
- мобильные заправщики, обеспечивающие экономию места при установке на существующих заправочных станциях.

Подытоживая, я должен обратить внимание читателя еще на одно преимущество вышеупомянутых полимерно-композитных баллонов и систем, призванных облегчить и ускорить массовый переход автомобилей на газовое топливо, – оба продукта сегодня практически полностью готовы к внедрению. Что, согласитесь, не может не радовать.



Заправка автомобиля метаном, которую осуществляет ПАГЗ с полимерно-композитными баллонами и мобильным компрессорным блоком





Мобильная заправочная КПГ-станция

М.В. Шикунец, генеральный директор ООО «М-трейд»,
А.В. Балашов, к.т.н., инженер технологических процессов
 ООО «М-трейд»

Преимущества природного газа в качестве моторного топлива в сравнении с традиционными продуктами нефтепереработки очевидны. Это низкая стоимость газа, его сравнительная безопасность, высокие энергетические показатели, экономичность и экологичность.

Социально-экономическая политика России и программы государственных монополий последних лет направлены на автономную газификацию регионов, увеличение доли природного газа в качестве моторного топлива, а также на развитие автономной сети заправок компримированным природным газом (КПГ) по всей стране.

Не требующая наличия магистрального трубопровода и способная покрыть пиковые потребления газа дочерняя заправочная станция является оптимальным решением по автономной заправке КПГ отдельного автотранспортного средства. Блочная-модульная система, размещенная в стандартных транспортных единицах (автомобильный полуприцеп и 20/40-футовый

Принцип работы гидравлической КПГ-станции основан на использовании гидравлического насоса высокого давления для впрыскивания специальной жидкости в КПГ-трейлер высокого давления и проталкивания компримированного газа из стального баллона в раздаточную колонку (рис. 1). При этом система не требует дополнительного оборудования для повышения давления. Данная схема работы обеспечивает до 95 % использования газа из КПГ-трейлера. Для компрессорных дочерних станций этот показатель составляет не более 70 %.

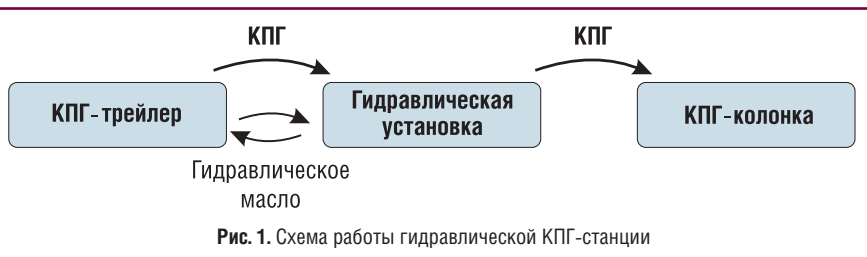
Основные преимущества гидравлической КПГ-станции:

- автоматический контроль работы;
- отсутствие внешних факторов воздействия на работу станции;
- высокая производительность (2 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ и более);
- стабильное давление в течение всей заправки (20 МПа);
- низкое энергопотребление (общее энергопотребление дочерней гидравлической станции производительностью 2 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ менее 85 кВт; для станции производительностью 1 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ менее 55 кВт).

Дочерняя гидравлическая КПГ-станция (рис. 2) состоит из следующих компонентов:

- гидравлической установки;
- гидравлического насоса подъема КПГ-трейлера;
- пневматической системы контроля;
- электронного блока автоматического контроля и управления;
- раздаточных КПГ-колонок;
- КПГ-трейлера.

Успешный опыт использования гидравлических КПГ-станций за границей, а также ряд неоспоримых преимуществ в сравнении с остальными мобильными системами заправки позволяют полагать, что данный тип дочерних станций уверенно выйдет на российский рынок и займет прочные позиции на территории нашей страны.



Все заправочные КПГ-станции условно можно разделить на три типа:

1. Материнские станции, размещаемые вблизи источника природного газа и служащие для учета добытого газа, его сжатия (компримирование) и распределения по сетям потребителя и/или другим транспортным магистралям.

2. Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), осуществляющие заправку топливных баков автомобилей и других транспортных средств, а также наполнение реципиентов (стальные и композитные баллоны высокого давления и т.п.). Непременным условием работы АГНКС является наличие газового трубопровода и развитой электросети на территории станции.

3. Дочерние заправочные станции, представляющие собой независимые комплексы для заправки топливных баков автотранспорта компримированным газом.

контейнер), позволяет использовать такие станции в труднодоступных удаленных районах.

Различают компрессорные и гидравлические дочерние станции. Последние представляют наибольший интерес благодаря относительной простоте конструкции, малой площади размещения и высоким технико-экономическим характеристикам.





Участие ЗАО «Промэнергомаш» в развитии сети АГНКС

С.И. Мандрик, генеральный директор ЗАО «Промэнергомаш»

Возросший спрос на энергоносители вызвал острую потребность развития сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. ЗАО «Промэнергомаш» предлагает комплекс услуг для участия в программе развития сети АГНКС: проектирование, производство и строительство АГНКС (на КПП и СПГ) и МАЗС.

Благодаря ряду преимуществ газомоторного топлива программа развития сети АГНКС поддерживается правительством РФ и приветствуется не только экспертным сообществом, но и автомобилистами, а изменения в законодательстве в отношении перевода транспорта на метан являются тому подтверждением и демонстрируют прогрессивное решение, соответствующее международной практике.



Компрессорный цех после реконструкции

Использование природного газа в автомобильном секторе в первую очередь направлено на улучшение экологической обстановки городов (снижение выбросов угарного и углекислого газов, оксида азота), для владельцев АГНКС – это более низкая стоимость природного газа по сравнению с традиционными топливами, для потребителей – экономия расходов на топливо.

Для успешного развития рынка газомоторного топлива необходимо как строительство новых АГНКС, так

и модернизация оборудования и технологий для реновации действующих станций, а также внедрение современного оборудования.

ЗАО «Промэнергомаш» предлагает свой опыт и технические возможности для решения задач, связанных с реализацией комплексной программы развития сети АГНКС. Это:

- проектирование АГНКС, МАЗС (с применением ЖМТ, КПП, СУГ, СПГ) и прочих объектов;
- производство и поставка современных полностью автоматизированных комплектных АГНКС ГЕО-ПЭМ на базе широкой линейки компрессоров, работающих на КПП и СПГ;
- монтаж, пусконаладка и техническое обслуживание АГНКС;
- диагностика и экспертиза промышленной безопасности технических устройств с целью продления срока эксплуатации;
- реконструкция существующих и устаревших систем автоматического управления.

Предлагаемые способы повышения эффективности и оптимизации работы существующих АГНКС

1. Реконструкция, капремонт и модернизация систем автоматики с применением САУ «СКАТ», разработанной ЗАО «Промэнергомаш», установленной на ряде объектов и проверенной временем.
2. Техническое перевооружение существующих АГНКС путем замены

старых компрессоров и другого технологического оборудования на современные модели.

3. Модернизация блоков осушки газа за счет полной автоматизации, применения новых, более эффективных адсорберов, современных приборов контроля влажности и в целом оборудования.



Дочерняя АГНКС ГЕО-ПЭМ

4. Организация мониторинга сети АГНКС, позволяющего контролировать на центральном диспетчерском пункте состояние технологического оборудования удаленных объектов, круглосуточно определять причину неполадок в режиме реального времени, реагировать на возникшие сбои и сопровождать работу обслуживающего персонала необходимыми консультациями.

Комплексные решения ЗАО «Промэнергомаш» по строительству новых станций

1. Поставка и монтаж оборудования АГНКС ГЕО-ПЭМ (от мини-АГНКС до станций большой производительности): блоков входных кранов, компрессорных модулей, блоков осушки (на входе и/или на выходе), аккумуляторов газа, газораздаточных колонок и т.д.

2. Организация так называемой «виртуальной трубы», которая заключается в совместном использовании дочерней АГНКС, работающей на завозном газе, и ПАГЗов для увеличения реализации природного газа и обеспечения топливом потребителей, находящихся далеко от газопровода.



Газпром и отечественные автопроизводители развивают газомоторный рынок России

21.06.2013 г. в рамках Петербургского международного экономического форума – 2013 председатель правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер и руководители ряда крупных отечественных производителей – ОАО «АВТОВАЗ», ООО «Управляющая компания «Группа ГАЗ» и ОАО «Кировский завод» – подписал меморандумы о сотрудничестве в области использования газомоторного топлива. В этот же день с руководителями ряда субъектов Российской Федерации (Санкт-Петербург, Краснодарский край и Республика Татарстан) были подписаны соглашения о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива.

Основными целями подписанных документов являются разработка и организация производства транспортных средств различных классов, использующих природный газ в качестве моторного топлива, формирование благоприятных условий для развития рынка газомоторного топлива в России, а также повышение экономической эффективности транспортных перевозок и снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Для достижения этих целей будут сформированы программы по созданию, испытанию и внедрению газомоторной техники, реализован комплекс

в субъектах Федерации будут реализованы ввод в эксплуатацию парка техники, работающей на природном газе, строительство АГНКС, многопливных заправочных станций (МТЗС), пунктов переоборудования и технического обслуживания автомобилей и других объектов газомоторной инфраструктуры. Предусмотрено, что строительство и ввод в эксплуатацию АГНКС и МТЗС будут проводиться одновременно с переводом автотранспорта на газ или приобретением новой газомоторной техники на основе графиков синхронизации, утверждаемых Газпромом и органами исполнительной

объектов газомоторной инфраструктуры, организует процесс переоборудования автопарка для работы на природном газе и периодического освидетельствования автомобильных газовых баллонов. Исполнителем этих работ выступит специализированная компания ООО «Газпром газомоторное топливо».

Газпром и подписавшие меморандумы автопроизводители будут проводить работы по НИОКР в области создания газомоторной техники, согласовывать регионы ее поставки с программой строительства АГНКС. Будет организована совместная работа по созданию инфраструктуры, необходимой для сервисного обслуживания такой техники, а также по устранению замечаний потребителей.

Органы исполнительной власти Санкт-Петербурга, Краснодарского края и Республики Татарстан окажут помощь в развитии на их территориях рынка газомоторного топлива. В частности, организуют подготовку соответствующей законодательной базы и принятие нормативно-правовых актов, будут содействовать в решении вопросов, касающихся согласования процесса строительства объектов газомоторной инфраструктуры. Власти этих субъектов РФ также обеспечат создание парка газомоторной техники для государственных и муниципальных нужд, оснащение производственно-технической базы организаций для ее эксплуатации и подготовку соответствующего инженерно-технического персонала.

Стороны будут координировать работу по организации системы профессиональной подготовки и переподготовки инженерно-технического персонала как по управлению газомоторной техникой, так и по ее обслуживанию.

**Управление информации
ОАО «Газпром»**

**Фото пресс-службы президента
Республики Татарстан**



Подписание Соглашения с Республикой Татарстан

мероприятий по расширению использования газомоторного топлива на пассажирском автотранспорте, специальных транспортных средствах, коммунальной и иной техникой.

Автопроизводители организуют производство транспортных средств, работающих на природном газе, а также примут участие в адаптации производственно-технической базы эксплуатирующих организаций к работе с газомоторной техникой.

власти субъектов РФ. Генеральные подрядные организации, привлекаемые для этой работы, будут выбираться на конкурсной основе.

В свою очередь Газпром будет координировать строительство объектов газомоторной инфраструктуры в местах компактного размещения техники на природном газе, а также содействовать проведению испытаний газомоторного транспорта. Компания также обеспечит строительство и ввод в эксплуатацию

Газовые заправки для сельского хозяйства

В центральном офисе ОАО «Газпром» председатель совета директоров компании Виктор Зубков провел совещание о перспективах развития рынка газомоторного топлива и газозаправочной инфраструктуры в сельском хозяйстве.

В совещании приняли участие заместитель председателя правления Виталий Маркелов, руководство ООО «Газпром газомоторное топливо», представители Министерства сельского хозяйства и Министерства энергетики Российской Федерации, органов власти Республики Татарстан, Краснодарского и Ставропольского краев, Белгородской, Волгоградской, Воронежской, Ростовской, Оренбургской и Ульяновской обл., производителей сельскохозяйственной продукции и техники, а также ОАО «Росагролизинг», ОАО «Россельхозбанк» и ОАО «Газпромбанк».

На совещании было отмечено, что Газпром проводит масштабную системную работу по развитию рынка газомоторного топлива России. Природный газ в силу своих преимуществ должен иметь гораздо более широкое применение в экономике страны. Совместная работа по расширению использования природного газа как моторного топлива позволит повысить конкурентоспособность российского продовольствия.

В настоящее время около 20 % расходов сельскохозяйственных предприятий приходится на топливо, в котором доля газа не превышает 1 %. Замещение традиционного топлива природным газом может в три раза сократить расходы предприятий на горюче-смазочные материалы, снизить уровень вредных выбросов и, соответственно, деградации почвы.

Опыт сельскохозяйственных предприятий показывает, что переоборудование грузовых машин и автобусов для работы на газе снижает стоимость их эксплуатации на треть. Срок

окупаемости инвестиций в переоснащение составляет всего 6–9 мес.

«Мы готовы выделить необходимое финансирование, чтобы в текущем году начать проектирование новых газовых заправок дополнительно к тем, что уже нами запланированы. Это можно сделать на транспортных трассах перевозки зерна, рядом с крупными предприятиями, которые готовы покупать газовую технику», – сказал Виктор Зубков.

Целевым ориентиром для Газпрома является замещение к 2030 г. 20 % используемого в сельском хозяйстве традиционного топлива газомоторным. В качестве стимулирующих мер была отмечена необходимость продолжения развития сети АГНКС, более широкого использования мобильных газовых заправщиков с учетом специфики работы тракторной и уборочной техники. Были высказаны предложения по дальнейшей разработке отечественной газомоторной техники, созданию сервисных и ремонтных центров сельскохозяйственной техники, работающей на газе.

Значительную поддержку отрасли окажут льготные кредитование и налогообложение для предприятий, использующих газомоторное топливо, частичное субсидирование закупки газомоторной техники.

По итогам совещания принято решение создать рабочую группу при Минсельхозе РФ для проработки планов по расширению использования ГМТ в сельском хозяйстве. Позитивно встречена инициатива Минсельхоза РФ о предоставлении субсидий на приобретение сельскохозяйственными предприятиями газомоторной техники.

В этот же день генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Виктор Зубков и губернатор Оренбургской обл. Юрий Берг подписали Соглашение о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива. Документом предусмотрен комплекс мероприятий по расширению использования ГМТ 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, многоливных заправочных станций и других объектов газомоторной инфраструктуры. Работы будут синхронизированы таким образом, чтобы к моменту запуска АГНКС парк техники мог потреблять КПГ в объеме не менее 30 % максимальной производительности станции.

Для реализации Соглашения правительство Оренбургской обл. обещает 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 ООО «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»**



Отчетное собрание НГА

28 июня 2013 г. в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоялось Общее (годовое) собрание членов Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация».

В повестку дня были включены следующие вопросы:

1. Утверждение годового отчета, бухгалтерского баланса и заключения ревизора за 2012 г.
2. Назначение исполнительно-го директора Партнерства на 2013–2015 гг.
3. Избрание совета партнерства.
4. Избрание ревизора партнерства.
5. Утверждение приоритетных направлений деятельности Партнерства на 2013–2014 гг.
6. Формирование реестра членов Партнерства.
7. Разное.

- Аннюк Дмитрий Михайлович, ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»;
 - Батыршин Рафаэль Римович, ООО «РариТЭК»;
 - Гайдт Эдуард Давидович (председатель совета Партнерства), ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»;
 - Пронин Евгений Николаевич, ООО «Газпром экспорт»;
 - Прохоров Павел Викторович, ООО «Торговый дом Италгаз Групп»;
 - Стативко Виктор Ленинович, ветеран газовой промышленности;
 - Шуманн Андрэ, Э.ОН.
- Ревизором Партнерства избран С.В. Петров, ООО «Газпром» ВНИИГАЗ.

- Газовая автомобильная техника (руководитель Батыршин Р.Р.);
 - Инфраструктурные проекты (руководитель Гайдт Э.Д.);
 - Международное сотрудничество (руководитель Аннюк Д.М.);
 - Взаимодействие с органами власти, регионами и общественностью.
 - Взаимодействие с федеральными, региональными и муниципальными органами власти, НП «Российское газовое общество», Международным газовым союзом, региональными, зарубежными национальными и международными газомоторными ассоциациями, другими российскими и зарубежными организациями в области газовых видов моторного топлива.
 - Содействие участию организаций, являющихся членами НГА, в подготовке и реализации региональных, муниципальных и отраслевых программ расширения использования газовых моторных топлив на транспорте.
 - Организация подготовки Каталога газовых автомобилей, газобаллонного оборудования и газозаправочной техники и Атласа газовых заправок.
 - Активизация работы по совершенствованию и развитию правовой и нормативно-технической базы в области газовых видов моторного топлива.
 - Продолжение издания научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе» и поддержки сайта НГА.
- Кроме того, было решено сформировать реестр членов Партнерства.



Собрание НГА

Собравшиеся заслушали доклад исполнительного директора НГА Е.Н. Пронина, утвердили бухгалтерский отчет и заключение ревизора.

Исполнительным директором НГА был назначен Станислав Владимирович Люгай, директор Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ». В совет Партнерства вошли:

Утвержденные приоритетные направления деятельности Партнерства на 2013–2014 гг. предусматривают следующие мероприятия.

- Организацию тематических секций:
 - Сжиженный углеводородный газ – инфраструктура и оборудование (руководитель Прохоров П.В.);

Автосиб – 2013

5-8 июня крупнейший региональный выставочный организатор «ГЕ Сибирская Ярмарка» провел в новосибирском Экспоцентре ведущую автовывставку Сибири «Автосиб – 2013», на которой были представлены достижения индустрии транспорта, логистики, инфраструктурных проектов дорожно-транспортного комплекса. Выставку посетили крупнейшие региональные, федеральные и мировые компании и эксперты автомобильной отрасли.



Это масштабное мероприятие, основной темой которого стало инновационное развитие дорожно-транспортного комплекса, собрало представителей 169 компаний из шести стран и 25 городов России. Экспозиция выставки занимала 18 тыс. м² площадей МВК «Новосибирск Экспоцентр».

В работе выставки принял участие министр транспорта РФ Максим Соколов, который вместе с губернатором области Василием Юрченко ознакомился с инновационными разработками и крупнейшими проектами дорожно-транспортной инфраструктуры региона.

Особый интерес высоких гостей, участников и посетителей выставки был проявлен к стенду КАМАЗа. В частности, почетным гостям была представлена техника компании «КАМАЗ», которая работает на природном газе. Как сказал представитель компании-дистрибьютора ООО «РариТЭК» Марат Баширов, за Уралом уже эксплуатируется более 30 ед. техники, из них 23 – в Новосибирске. Причем все они принадлежат ПСК «Сибирь» – одной из крупнейших строительных компаний в регионе.

Были представлены две модели из модельного ряда ГБА КАМАЗ с газовыми двигателями КАМАЗ: вакуумная машина КО-505АГ на базе шасси КАМАЗ-65115-30 и автомобиль-самосвал КАМАЗ-6520-35.

Василий Юрченко сообщил Максиму Соколову, что сейчас решается вопрос с компанией «Газпром» по строительству на территории региона газовых заправок станций. В планах – перевести на газ общественный транспорт, а также сельскохозяйственную технику. Максим Соколов отметил, что это перспективное направление, особенно в крупных городах.

Выставка в Йошкар-Оле

Компания «РариТЭК» приняла участие в выставке, посвященной 55-летию газификации республики Марий Эл и единственной газораспределительной организации на территории республики – ООО «Газпром газораспределение Йошкар-Ола».

На стенде ООО «РариТЭК» начальник отдела реализации газобаллонных автомобилей Марат Баширов презентовал две модели газовых автомобилей КАМАЗ: самосвал КАМАЗ-6520-33 и седельный тягач КАМАЗ-65116-34 с газовыми двигателями КАМАЗ мощностью 210 кВт (Евро-4). Эти газовые автомобили производятся серийно на камазовском конвейере, а газовая система устанавливается на площадях РариТЭКа как предприятия, специализирующегося на производстве подобных машин.

Также с РариТЭКом на стенде работал дилер ОАО «КАМАЗ» компания

«КАМАЗавтосервис», базирующаяся в пос. Знаменский. Совместный стенд РариТЭК-КАМАЗ в рамках выставки

посетил генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Йошкар-Ола» Александр Еремин со своими заместителями.

По итогам осмотра газобаллонной техники Александр Еремин принял решение о приобретении участвовавшего в выставке седельного тягача КАМАЗ-65116-34, работающего на метане, для нужд своего предприятия.



Междугородная и международная системы газоснабжения автотранспорта

Я.С. Мкртычан, профессор, д.т.н.,

С.В. Люгай, директор центра «Использование газа» ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

Д.В. Селиванов, главный специалист ООО «Газпром газэнергосеть»

Приведены основные принципы построения междугородной и международной систем газоснабжения автотранспорта. Особое внимание уделено вопросам использования сжиженного природного газа в качестве моторного топлива, используемого на крупнотоннажных грузовых автомобилях, туристических автобусах и сельхозтехнике.

Ключевые слова: компримированный природный газ, сжиженный природный газ, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, автомобильная газонаполнительная станция, двухтопливная автомобильная газозаправочная станция.

Значительный объем грузоперевозок в России и в странах мира выполняется крупнотоннажными дизельными грузовиками и автопоездами, потребляющими наибольшие объемы моторного топлива. В сложившихся условиях автоперевозчики прилагают усилия для снижения себестоимости грузоперевозок. Одним из эффективных путей достижения указанной цели является переход на использование крупнотоннажными грузовыми автомобилями вместо дизельного топлива компримированного (КПГ) и сжиженного (СПГ) природного газа, который на сегодня является наиболее дешевым, экологически чистым и безопасным, а также наиболее ресурсообеспеченным топливом.

В России продолжается эксплуатация ранее созданного парка газобаллонных автомобилей, подготовлено производство и начат выпуск новых газомоторных автомобилей. Соответственно повышается объем потребления КПГ [1]. Широкомасштабное применение СПГ на транспорте сдерживается в основном малочисленностью мини-заводов по его

производству и газозаправочных станций, хотя известно, что применение СПГ может дать дополнительные значимые преимущества даже в сравнении с КПГ.

Использование СПГ на автомобильном транспорте позволяет повысить почти в 3 раза запас хода, уменьшить частоту заправок и потери времени на них. Однако следует помнить, что СПГ – это жидкое криогенное плотное топливо, и хранение его на борту автомобиля в большом объеме в связи с постоянным теплопритоком требует соблюдения особых мер безопасности. При использовании СПГ необходима высочайшая надежность работы предохранительных устройств во всепогодных условиях.

Необходимыми условиями обеспечения безопасности являются максимальная выработка СПГ перед предстоящим длительным простоем, надежное укрытие топливных баков от прямого воздействия солнечных лучей и вентиляция воздуха в кожухе топливных баков.

Перечисленные особенности использования СПГ на автомобилях позволяют определить границы его

рационального применения с учетом типа транспорта, режимов его работы и маршрута следования. Первоочередными объектами использования СПГ на транспорте являются:

- крупнотоннажные грузовики с полуприцепами для междугородных и международных грузоперевозок на дальние (до 1000 км) и сверхдальние расстояния в несколько тысяч километров;
- самосвалы, в первую очередь карьерные, постоянно работающие без длительных перерывов и простоев;
- тракторы, комбайны и сельхозавтомобили в периоды круглогодичной работы;
- туристические и другие автобусы с суточным пробегом 600...700 км.

Указанная техника способна использовать на маршруте или за время работы почти весь запас топлива, а следовательно снизить риски и обеспечить необходимую степень пожаровзрывобезопасности. Этому в определенной степени способствуют география маршрутов и режим работы транспорта.

В мире и России сформировалась и набирает обороты тенденция интенсивного прорыва СПГ на газомоторный рынок, вводятся в эксплуатацию заводы по малотоннажному производству СПГ, отработана техника и технология его малотоннажного производства на ГРС и мощных АГНКС. Ведущими автомобильными концернами мира начат выпуск разных моделей автомобилей, работающих на СПГ, строятся заправочные станции СПГ, совершенствуется нормативно-техническая и разрешительная документация.

Цена реализации производимого на ГРС и АГНКС сжиженного природного газа колеблется от 2 тыс. до 4 тыс. руб./т, что составляет 90 % стоимости мазута с учетом теплотворной способности и потерь на его подогрев.

«Малый» СПГ уже занимает вполне самостоятельную нишу на внутреннем рынке энергоносителей. Развивая его производство, ОАО «Газпром» выходит на рынок энергоносителей с новым самостоятельным конкурентоспособным по отношению к мазуту, дизтопливу и даже углю продуктом [2-4].

Применение СПГ-технологий – это широкий спектр решений практических, социальных, производственных и коммерческих задач, из которых к наиважнейшим относятся:

- расширение использования СПГ на автомобильном, железнодорожном, водном и воздушном транспорте, в сельскохозяйственной технике;
- практическая реализация международных и межрегиональных транспортных проектов типа «Голубой коридор», «Голубое кольцо» и «Газовая магистраль».

В нашей стране в 1983-1991 гг. проводилась планомерная работа по сооружению междугородной системы

снабжения автотранспорта КПП, состоящей из мощных автогазонаполнительных компрессорных станций АГНКС-500 и АГНКС-250, размещаемых в основном вдоль автомагистралей на расстояниях друг от друга от 70 до 250 км. Частота размещения этих станций и их число были продиктованы протяженностью автотрасс и минимальным пробегом газобаллонного автомобиля, составляющим примерно 250 км [5].

Многолетний опыт сооружения и эксплуатации таких систем

газоснабжения транспортных средств позволил выявить и ряд недостатков, основными из которых являются:

- необходимость сооружения значительного числа АГНКС для надежного обеспечения автомобилей газомоторным топливом;
- высокая стоимость АГНКС и системы газоснабжения в целом;
- длительные сроки сооружения таких систем;
- трудности с полной загрузкой мощных станций АГНКС-500 и АГНКС-250.

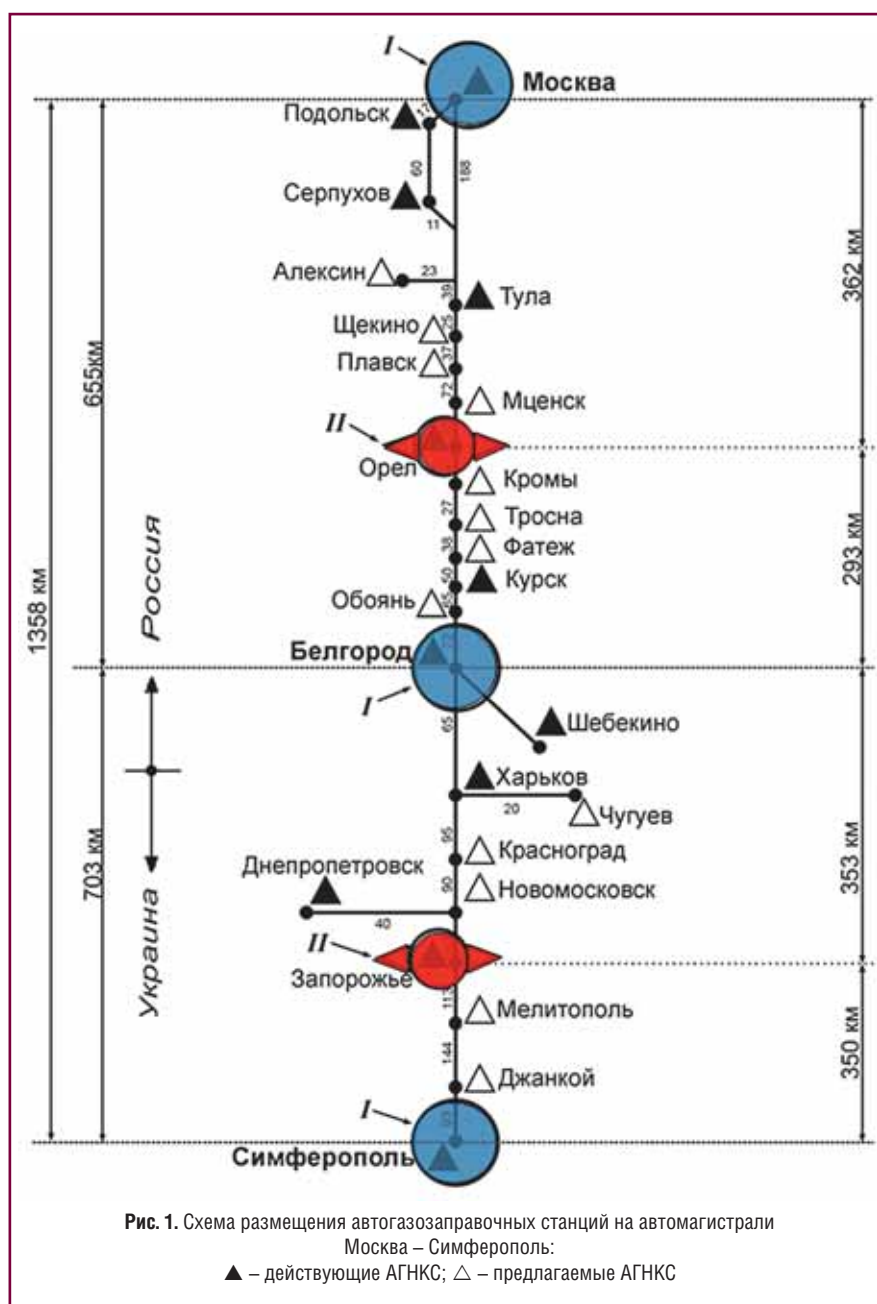


Рис. 1. Схема размещения автогазозаправочных станций на автомагистрали Москва – Симферополь: ▲ – действующие АГНКС; △ – предлагаемые АГНКС

Указанные недостатки созданной в советский период системы газоснабжения автотранспорта КПГ привели к значительным затратам средств и в течение длительного времени были недостаточно востребованы автоперевозчиками.

Предлагаемая система предназначена для расширения использования СПГ и КПГ преимущественно крупнотоннажными автомобилями, совершающими дальние междугородные и международные грузоперевозки.

Рассмотрим в качестве примера существующую систему газоснабжения транспортных средств на автомагистрали Москва – Симферополь (рис. 1 [5]). Целью предлагаемого решения является повышение эффективности как действующей системы газоснабжения транспортных средств путем ее модернизации, так и вновь создаваемых за счет рационального обустройства станциями различной конфигурации и производительности, способными заправлять транспорт не только КПГ, но и СПГ. Такие станции включают традиционную АГНКС-500, дооснащенную комплексом оборудования для производства, хранения и реализации СПГ, и по существу являются базовыми объектами системы газоснабжения автотранспорта. Однако эти базовые автогазозаправочные двухтопливные станции очень сложны и дорогостоящи. Повсеместное их дооснащение установками по производству СПГ приведет к резкому удорожанию всей системы газоснабжения. Поэтому основная задача состоит в упрощении конструкции станций, уменьшении их числа и минимизации затрат на создание всей системы газоснабжения.

Перечисленные задачи решаются путем рационального размещения базовых станций, например, в начале и в конце каждой автомагистрали на

расстоянии друг от друга, не превышающем запас хода крупнотоннажного автомобиля при использовании им всех видов газомоторного топлива, находящегося на его борту, дооснащения промежуточных станций комплексом оборудования только для приема, хранения и реализации СПГ, а также расположения промежуточных станций от базовых на расстоянии не более половины запаса хода автомобиля. Такие станции не имеют собственного производства СПГ, а работают на завозимом газомоторном топливе с базовых станций. Описанные исполнение и размещение газозаправочных станций на автомагистралях по маршруту следования автомобилей позволяют обеспечить надежное снабжение автотранспорта газомоторными топливами.

Схема размещения автогазозаправочных станций согласно расчету (см. рис. 1) должна включать всего 24 АГНКС, из которых в действительности функционируют 12, а остальные 12 только предполагается соорудить в ближайшие годы. Согласно предлагаемому решению базовые двухтопливные автогазозаправочные станции целесообразно создать на базе АГНКС

Москвы, Белгорода, Симферополя с расстоянием между ними примерно по 700 км, а промежуточные двухтопливные станции-сателлиты // – на базе АГНКС Орла и Запорожья с удалением от базовых станций соответственно на 300...350 км. В состав базовых автогазозаправочных станций входят по два криогенных газовеоза для доставки СПГ на промежуточные станции-сателлиты.

В состав каждой базовой двухтопливной автогазозаправочной станции (рис. 2 [6]) входят: газопровод подачи природного газа 4, компрессорная группа 3, блок аккумуляторов для хранения КПГ 2, газозаправочная колонка 1 (или несколько колонок), газопровод 11 подачи КПГ в накопительно-распределительную емкость 29 для хранения СПГ, оснащенный регулятором давления газа 21 и запорным устройством (кран) 31, газопровод 12 и кран 22 сброса газа из газовой шапки емкости 29 на прием компрессоров 3, газопровод 6 подачи КПГ в установку 5 производства СПГ из КПГ, газопровод 7 подачи СПГ в емкость 29, оснащенный краном 28, газопровод 13 с краном 10 подачи СПГ через колонку 16 в емкость



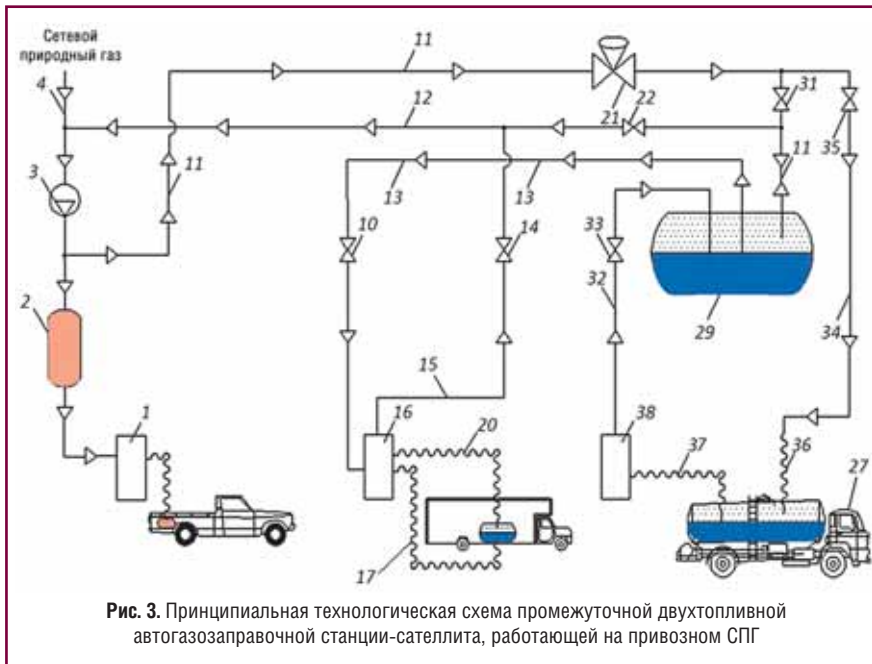


Рис. 3. Принципиальная технологическая схема промежуточной двухтопливной автогазозаправочной станции-спутника, работающей на привозном СПГ

автомобиля, газопровод 24 с краном 23 подачи СПГ через колонку 25 в емкость газовоза 27. Криогенные емкости заправляемых автомобилей через колонки 16 и 25 сообщены гибкими рукавами 20 и 30 и трубопроводами 15 и 19, оснащенными запорными кранами 14 и 18, с трубопроводом 12 сброса газообразного газа на прием компрессоров 3. Установка 5 производства СПГ также сообщена с газопроводом 12 отдельным трубопроводом 8 с запорным краном 9.

Принципиальная технологическая схема промежуточной двухтопливной автогазозаправочной станции-спутника (рис. 3 [7]) отличается от базовой лишь технологическим комплексом оборудования для приема СПГ, включающим газовоз 27 с криогенной емкостью, гибкий соединительный рукав 7, сливную колонку 8 для учета СПГ, газопровод 32 с запорным краном 33 для подачи СПГ в накопительно-раздаточную емкость 29, а также газопровод 34 с запорным краном 35 и соединительным гибким рукавом 36 для наддува газообразного газа в верхнюю часть криогенной емкости газовоза 27.

В качестве резервного источника подачи СПГ в криогенные сосуды автомобилей автогазозаправочные станции снабжают криогенными центробежными насосами низкого давления (до 1 МПа), которые соединяются с накопительно-раздаточными емкостями СПГ и криогенными газозаправочными колонками (на рисунках не показано).

Предлагаемая система газоснабжения транспортных средств компримированным и сжиженным природным газом работает следующим образом.

На каждую из станций природный газ поступает по подводящему газопроводу 4 (см. рис. 2 и 3) на прием компрессоров 3. Сжатый компрессорами 3 газ под давлением 25 МПа поступает в аккумулятор 2, а из него через заправочные колонки 1 в баллоны автомобиля. По достижении в баллонах давления 20 МПа процесс заправки автомобиля КПГ автоматически прекращается.

Одновременно часть природного газа на базовых станциях (см. рис. 2) после сжатия компрессорами 3 по газопроводу 6 поступает в установку 5

по производству СПГ. Произведенный из КПГ в установке 5 сжиженный природный газ поступает по трубопроводу 7 в криогенную накопительно-раздаточную емкость 29 через открытый кран 28. После заполнения емкости 29 сжиженным природным газом на 95 % в газовую шапку этой емкости от компрессоров 3 по газопроводу 11 через регулятор давления 21, понижающий давление до 1 МПа, и открытый кран 31 подают газообразный газ. Под действием давления этого газа СПГ вытесняется из емкости 29 и подается в криогенную емкость автомобиля и газовоза. В емкость автомобиля СПГ поступает по газопроводу 13, через кран 10, колонку 16 и гибкий рукав 17, а в емкость газовоза 27 – по газопроводу 24, через кран 23, колонку 25 и гибкий рукав 26. Газообразный газ из емкостей автомобиля и газозаправщика при заправке сжиженным газом вытесняется через гибкие рукава 20 и 30 и по газопроводам 15 и 19 через краны 14 и 18 поступает в газопровод 12, а по нему на прием компрессоров 3.

Технология и оборудование для заправки автомобилей компримированным и сжиженным природным газом на промежуточных двухтопливных автогазозаправочных станциях-спутниках фактически такие же, как и на базовых станциях. Разница в том, что СПГ не производят на станциях-спутниках, а доставляют газовозами с ближайших базовых станций. Газовоз 27 (см. рис. 3) с СПГ после прибытия на станцию присоединяют гибким рукавом 37 к колонке 38, а рукавом 36 – к системе наддува. После открытия кранов 33 и 35 сжатый газ поступает в верхнюю часть емкости газовоза 27 и вытесняет СПГ из нее по рукаву 7 через колонку 8 и газопровод 32 в накопительно-раздаточную емкость 29. После окончания процесса перекачивания СПГ кран 33

закрывают, а газовоз 27 отсоединяют от системы.

В мире пока не создана описанная модель системы газоснабжения автотранспорта КПГ и СПГ, но в разных странах и России уже существует небольшое число отдельных станций заправки автомобилей СПГ или регазифицированным из него КПГ, не объединенных в систему газоснабжения.

Предпроектные проработки и расчеты на примере обустройства автомагистрали Москва – Симферополь дали в первом приближении оценку преимуществ предлагаемой системы газоснабжения транспортных средств и позволили следующее:

- уменьшить число заправочных станций более чем в 2 раза – вместо 12 намечаемых к строительству АГНКС предлагается построить пять двухтопливных заправочных станций, из них три базовые с шестью газовозами и две промежуточные станции-сателлиты;
- снизить капитальные вложения на сооружение автогазозаправочных станций почти в 1,5 раза;
- уменьшить общую численность обслуживающего персонала и эксплуатационные затраты не менее чем в 1,5 раза;
- сократить сроки сооружения системы газоснабжения в 1,5...2 раза;
- уменьшить частоту заливок и потери рабочего времени водителей на заливку примерно в 3 раза;
- уменьшить объем ремонтных и профилактических работ.

С ростом числа газомоторных автомобилей и интенсивности их движения по автомагистралям предстоит соответствующее увеличение числа и/или мощности газозаправочных станций.

Согласно принципиальной схеме (см. рис. 2) базовая двухтопливная автогазозаправочная станция

Техническая характеристика технологической установки по производству СПГ [1]

Таблица 1

Параметры	Значения
Расход подаваемого газа без учета газа регенерации при $p=0,1013$ МПа, $t=273$ К, $\text{нм}^3/\text{ч}$	5150
Температура на входе в блок сжижения, °С	15...30
Давление, МПа на входе в блок сжижения на выходе из блока сжижения	25,0 0,6
Расчетное количество СПГ, кг/ч	1570
Потребляемая мощность, кВт компрессорного оборудования с учетом газа регенерации холодильной машины суммарная	538 217,6 755,6
Удельные энергозатраты без учета потребляемой энергии блоков очистки и осушки, кВт·ч/кг СПГ	0,48

содержит традиционную АГНКС, технологическую установку по производству сжиженного природного газа из КПГ и систему заправки газовозов и автомобилей СПГ и КПГ. Установка по производству СПГ (рис. 4) включает контейнер, в котором размещены сепараторы СПГ, теплообменники, блок запорной и регулирующей аппаратуры, а также

отдельный емкостной блок для хранения и раздачи СПГ по заправочным колонкам (табл. 1).

Для доставки СПГ с базовых станций на промежуточные станции-сателлиты используют газовозы с объемом криоцистерны до 60 м^3 (рис. 5).

Согласно принципиальной схеме (см. рис. 3) двухтопливная автозаправочная станция-сателлит для



Рис. 4. Блок сжижения природного газа (контейнерное исполнение)

Рис. 5. Газовоз СПГ объемом 56 м³

автомобилей, использующих в качестве топлива только КПГ, только СПГ, а также одновременно КПГ и СПГ, включает узел подключения автогазозаправщика СПГ, хранилище СПГ, блок регазификации СПГ в контейнерном исполнении, систему контроля, колонки КПГ и СПГ, платежную систему (рис. 6).

Автогазовоз 1, прибывший на станцию, с помощью гибкого рукава подключается к сосуду-хранилищу 3 и собственным центробежным криогенным насосом 2 перекачивает в него сжиженный природный газ. После этого СПГ подается погружным криогенным насосом 4 через раздаточную колонку 5 СПГ в топливные криогенные баки автомобиля 11.

При заправке автомобиля 10 регазифицированным КПГ сжиженный газ забирают поршневым криогенным насосом высокого давления 6 из сосуда-хранилища 3 и подают в атмосферный испаритель высокого давления 7 и далее через аккумулятор 8 КПГ и раздаточную колонку 9 КПГ в баллоны газобаллонного автомобиля 10.

При одновременной заправке автомобиля 12 сжиженным и компримированным газом поток СПГ направляют непосредственно в криогенные

баки автомобиля от раздаточной колонки 5, а поток КПГ – в баллоны высокого давления того же автомобиля 12 от раздаточной колонки 9.

Основные показатели станций-сателлитов, предлагаемых для сооружения на междугородных и международных автомагистралях, приведены в табл. 2.

В мире и России наблюдается тенденция устойчивого роста потребления газомоторных топлив и прежде всего КПГ. Соответственно увеличивается число газовых автомобилей и газозаправочных станций. Только за период 2000-2011 гг. объем мирового потребления КПГ возрос в 15 раз [1]

и превысил 36,0 млрд м³. В последние годы сохраняется благоприятная конъюнктура цен на газомоторное топливо и продолжается ужесточение требований к токсичности выхлопных газов. Эти факторы стали основой для устойчивого роста интереса к компримированному природному газу.

Мировой парк машин, использующих в качестве топлива природный газ, за последние 12 лет вырос более чем в 12 раз, доля метановых автомобилей приближается к 2 % и достигла 14,6 млн (2011 г.). Для сравнения, мировой парк автомобилей на пропан-бутановых смесях насчитывает примерно 12 млн. Практически все крупные производители автомобилей организовали выпуск метановых машин различных классов. В России сегодня имеется значительный парк грузовиков и автобусов, работающих на КПГ.

В ряде стран (Китай, Великобритания, Швеция, Россия) наметилась тенденция использования для заправки автотранспорта регазифицированного природного газа. Созданы образцы заправочных станций СПГ/РКПГ, аналогичные по своим выходным параметрам АГНКС-250, с объемом хранения СПГ примерно 50 м³. В США и Китае для обеспечения

Таблица 2

Основные показатели станций-сателлитов [1]

Основные показатели	Значение
Объем криогенного сосуда-хранилища СПГ, м ³	50,0
Объем СПГ отпускаемого автомобилям, не более, м ³	45,0
заправки одного автомобиля, средний, м ³	0,8
доставки на станцию двумя газовозами, м ³ /сут	90,0
Число заправок СПГ автомобилей в сутки, не менее	100
Мощность станции, кВт	30
Число раздаточных колонок СПГ	2
Число заправок автомобилей, ед./сут	До 8
Число криогенных насосов производительностью 1,5 т/ч	2

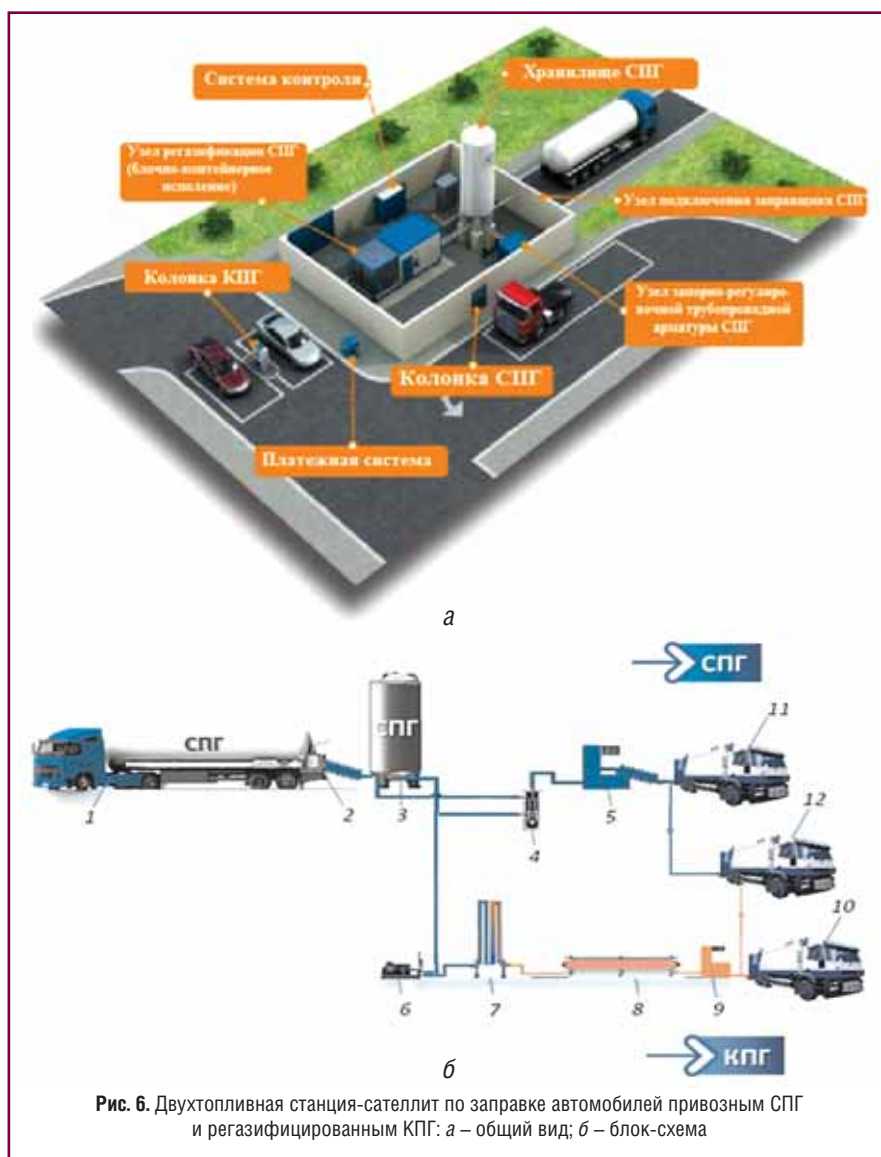


Рис. 6. Двухтопливная станция-спутник по заправке автомобилей привозным СПГ и регазифицированным КПГ: а – общий вид; б – блок-схема

автозаправочных станций сжиженным природным газом предпочитают строить соответствующие заводы по среднетоннажному производству СПГ мощностью 100...600 тыс. т/год. В Европе (Испания, Италия, Швеция) пользуются привозным СПГ с действующих морских терминалов.

В России пока отдают предпочтение малотоннажному производству СПГ (10...20 тыс. т/год) преимущественно на действующих ГРС, мощных АГНКС-500 и АГНКС-250. Это позволяет уменьшить затраты на использование СПГ, сократить сроки сооружения производственных объектов и расширить географию их размещения. С учетом того, что в стране на сегодня

функционируют 246 мощных АГНКС и около 5 тыс. ГРС, следует считать эту тенденцию наиболее рациональной

на данном этапе развития газомоторного рынка, хотя не исключается использование действующих заводов, а при необходимости строительство новых заводов СПГ производительностью до 1,0 млн т/год.

Первоочередными объектами для перехода на СПГ однозначно являются крупнотоннажные грузовики, туристические и другие автобусы, совершающие дальние междугородные и международные грузопассажироперевозки, в том числе по голубым коридорам. ОАО «КАМАЗ» совместно с ООО «РариТЭК» при содействии ОАО «Газпром» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» создан первый отечественный тягач, работающий на СПГ и КПГ. Сегодня он проходит всесторонние испытания, включая участие в междугородных автопробегах. Проводится работа по созданию нового поколения газомоторных крупнотоннажных грузовиков и самосвалов, работающих на СПГ и КПГ.

При содействии Внешэкономбанка и ОАО «Газпром» в Тамбовской обл. намечено в ближайшие годы строительство завода по производству СПГ общей мощностью 1 млн т/год. Мощность первой очереди из намеченных трех очередей составит 300 тыс. т/год. В ближайшее время начнется разработка рабочего проекта будущего завода.

Литература

1. **Мкртычан Я.С.** Газификация и газоснабжение транспорта России. – М.: Нефть и газ, 2012. – 238 с.
2. **Пронин Е.Н.** Итоги XXI сессии Рабочей группы по газу ЕЭК ООН // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3. – С. 3-4.
3. **Ротанов Ю.В., Никифоров В.Н.** Перспективы использования СПГ в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 2. – С. 73-75.
4. **Пронин Е.Н., Поденок С.Е.** Малотоннажное производство сжиженного природного газа в ОАО «Газпром» – спектр возможностей и перспектив // Транспорт на альтернативном топливе. – 2009. – № 2. – С. 68-69.
5. **Маленкина И.Ф., Ровнер Г.М., Мкртычан Я.С.** Система обеспечения эффективного развития и эксплуатации сети метановых автозаправочных станций. – М.: Нефть и газ, 2005. – 272 с.
6. **Ходорков И.Л.** Многоцелевая автогазонаполнительная компрессорная станция (МАГНКС). Патент на изобретение РФ № 2262645 с приоритетом от 09.06.2003.
7. **Мкртычан Я.С.** Автогазозаправочная станция природным газом. Патент РФ на полезную модель № 87004 с приоритетом от 09.06.2009.

Анализ способов конвертации автомобильных дизелей на питание природным газом

М.Г. Шатров, профессор МАДИ, д.т.н.,

А.С. Хачиян, профессор МАДИ, к.т.н.,

В.В. Синявский, доцент МАДИ, к.т.н.,

И.Г. Шишлов, старший научный сотрудник МАДИ, к.т.н.

Представлены результаты расчетного исследования показателей цикла однотопливных газовых двигателей при работе на стехиометрических и бедных смесях, показавшие преимущество способа конвертации дизеля в однотопливный газовый при работе на бедных смесях. Показаны преимущества газодизеля по сравнению с однотопливными газовыми двигателями.

Ключевые слова: природный газ, стехиометрический газовый двигатель, газовый двигатель, работающий на бедных смесях, газодизель.

Перевод дизелей на питание природным газом обеспечивает неоспоримые преимущества:

- повышение моторесурса на 25...50 % согласно различным источникам;
- увеличение срока службы масла, следовательно, уменьшение его расхода в процессе эксплуатации;
- снижение шумоизлучения на 3...6 дБ;
- снижение затрат на соблюдение наиболее жестких норм выбросов вредных веществ;
- уменьшение выбросов диоксида углерода, являющегося одним из парниковых газов (по нашим оценкам, удельные выбросы CO_2 снижались примерно на 50 % по сравнению с выбросами при работе бензиновых двигателей и на 25...27 % – при работе дизелей).

Для России использование природного газа на транспорте означает также существенное увеличение потенциальных энергетических запасов.

Основные недостатки применения природного газа связаны со способами его хранения на транспортном средстве. При использовании

сжатого природного газа (КПГ) существенно возрастает масса емкостей для хранения топлива, при использовании сжиженного природного газа (СПГ) она возрастает в меньшей степени. Однако, в последнем случае требуются криогенные емкости, стоимость которых в настоящее время выше стоимости емкостей для КПГ.

Используя опыт ранее выполненных экспериментальных и расчетных исследований рабочего процесса двигателей, работающих на природном газе [1...7], для анализа наиболее приемлемых вариантов конвертации рассмотрим особенности двух основных способов перевода автомобильных дизелей на природный газ.

1. Создание однотопливного газового двигателя с внешним смесеобразованием, количественным регулированием и воспламенением газозооной смеси от искрового разряда.

2. Создание газового двигателя с внутренним смесеобразованием, качественным регулированием и воспламенением газозооной смеси от искрового разряда, свечи накаливания или от впрыскивания

минимизированной запальной порции дизельного топлива.

При конвертации двигателя без наддува по первому способу его газовая модификация имеет несколько меньшую мощность в сравнении с базовым двигателем вследствие снижения индикаторного КПД из-за уменьшения степени сжатия, необходимого для предотвращения детонации, а также по причине уменьшения коэффициента наполнения воздухом, так как часть всасываемого воздуха замещается природным газом. В этом случае для достижения двигателем газовой модификации мощности базового необходимо существенное снижение коэффициента избытка воздуха для компенсации уменьшения индикаторного КПД и коэффициента наполнения воздухом. Целесообразным оказывается применение стехиометрической смеси и использование трехкомпонентного нейтрализатора.

При конвертации двигателя с наддувом по первому способу причины, влияющие на снижение мощности, нивелируются подбором минимального сечения канала подвода отработавших газов (ОГ) к колесу турбины, что позволяет обеспечить нужную

подачу воздуха. В этом случае отпадает необходимость существенного снижения коэффициента избытка воздуха для компенсации уменьшения индикаторного КПД и коэффициента наполнения воздухом. При наддуве появляется возможность работы двигателя с избытком воздуха 60...70 %, что существенно снижает содержание в ОГ оксида азота. В результате может отпасть необходимость в применении восстановительного нейтрализатора.

Что касается снижения степени сжатия, то исходя из нашего опыта [1, 2, 5] для работы при умеренном наддуве ($p_k=1,8...1,9$ МПа) и диаметре цилиндра 120 мм применима степень сжатия $\epsilon=11,5$ без детонации. При диаметре 105 мм и тех же значениях p_k допустима $\epsilon=12...12,5$. Известно, что $\epsilon>12$ мало влияет на термический и индикаторный КПД.

В отношении системы зажигания следует отметить целесообразность использования индивидуальных высоковольтных катушек зажигания, расположенных непосредственно на свечах зажигания или вблизи от них.

Основным очевидным недостатком рассматриваемого способа является количественное регулирование.

При конвертации двигателя по второму способу в случае воспламенения смеси от свечи накаливания или искрового разряда свечи зажигания для стабильной работы и качественного смесеобразования требуется экспериментальный подбор расположения газовой форсунки с электрическим или гидравлическим приводом относительно свечи зажигания, а также выбор распылителя газовой форсунки (число, расположение и размер отверстий). В случае воспламенения от впрыскивания запальной порции дизельного топлива необходимо применение двухтопливных форсунок. Оба варианта требуют вложения значительных затрат на их реализацию.

В то же время, как показал наш опыт [6], стабильную работу двигателя и качественное регулирование с обеднением вплоть до состава газозооушной смеси, соответствующего $\alpha=6,0$, можно обеспечить при внешнем смесеобразовании подачей минимизированной запальной порции (до 5 % номинальной цикловой подачи) хорошо распыленного дизельного топлива. При этом для мелкого распыливания дизельного топлива требуется аккумуляторная топливная система со специально настроенной системой управления. Однако при использовании штатной аккумуляторной топливной системы конвертируемого дизеля для подачи минимизированной запальной порции дизельного топлива может наблюдаться коксование сопловых отверстий из-за снижения степени охлаждения распылителя вследствие меньшей подачи топлива.

В качестве модели для анализа был взят шестицилиндровый рядный двигатель размерностью S/D=128/105 с мощностью 30 кВт/л. Показатели цикла рассчитывались по методике в [8] и [9] для номинального режима двигателя на частоте вращения $n=2300$ мин⁻¹.

Исходные данные для расчетного исследования: коэффициент наполнения $\eta_v=0,9$; эффективный КПД $\eta_e=0,36$; коэффициент избытка воздуха $\alpha=1,7$; КПД компрессора $\eta_k=0,8$; тепловая эффективность охладителя наддувочного воздуха $E_{охл}=0,75...0,77$.

Дополнительно к существующей методике приняты следующие допущения:

1. запальная порция дизельного топлива составляет 5 % номинальной массовой подачи природного газа;
2. интегральная характеристика подачи запальной порции дизельного топлива выражается прямой линией;
3. закон выгорания дизельного топлива такой же, как у природного газа;

4. эквивалентная цикловая подача топлив в газодизеле рассчитывается по формуле

$$G_{тц} = G_{гц} + G_{дц} \frac{H_{уд}}{H_{уг}}, \quad (1)$$

где $G_{гц}$ и $G_{дц}$ – цикловая подача природного газа и дизельного топлива; $H_{уд}$ и $H_{уг}$ – низшая теплота сгорания дизельного топлива и природного газа;

5. эквивалентное количество воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания 1 кг топлив в газодизеле, определяется по формуле

$$l_0 = l_{ог} + l_{од} \frac{G_{дц}}{G_{гц}}, \quad (2)$$

где $l_{ог}$ и $l_{од}$ – количество воздуха, теоретически необходимого для сгорания 1 кг природного газа и 1 кг дизельного топлива соответственно;

6. коэффициент избытка воздуха для газодизеля определяется по формуле

$$\alpha = \frac{G_{вц}}{G_{тц} l_0}, \quad (3)$$

где $G_{вц}$ – количество воздуха, поступающего в цилиндр за цикл;

7. период задержки самовоспламенения τ_i в газодизеле определяется по формулам Н.Н. Семенова и Р.З. Кавтарадзе применительно к природному газу [10].

В табл. 1 приведены расчетные параметры циклов однопаливного газового двигателя, работающего на бедных ($\alpha=1,7$) и стехиометрических ($\alpha=1,0$) смесях, и газодизеля. Первый вариант расчета для стехиометрического двигателя и газодизеля проведен при оптимальных углах начала воспламенения, второй – при ограничении максимального давления цикла $p_z < 18$ МПа. Для газодизеля принято $\alpha=2,0$, $p_k=0,32$ МПа и $T_k=331,5$ К. Температуры T_k рассчитаны при тепловой эффективности охладителя наддувочного воздуха $E_{охл}=0,75$.

Расчеты показали, что в однопаливном газовом двигателе при работе на бедных смесях с $\alpha=1,7$ необходимо повысить давление наддува до $p_k=0,271$ МПа для достижения

Таблица 1

Тип двигателя	ε	α	p_k , МПа	T_k , К	p_z , МПа	$G_{дц}$, мг/цикл	$G_{тц}$, мг/цикл	$G_{заб}$, мг	η_v	$p_{г0}$, МПа
Газовый двигатель ($\alpha=1,7$)	12	1,7	0,271	324,6	0,271	–	95,65	0,0048	0,939	–0,036
Газовый двигатель ($\alpha=1,0$)	12	1,0	0,175	315,0	0,175	–	104,63	0,0017	0,932	–0,024
Газодизель 1	16,5	2,0	0,320	331,5	0,320	5	94,95	0,0047	0,940	–0,042
Газодизель 2	16,5	2,0	0,320	331,5	0,320	5	97,96	0,0046	0,940	–0,042

Окончание таблицы 1

Тип двигателя	$\gamma_{ост}$	p_a , МПа	T_a , К	Q_w/Q_u , %	p_i , МПа	η_i	p_z , МПа	T_z , К	$T_{ср}$, К	$G_{вп}$, г
Газовый двигатель ($\alpha=1,7$)	0,057	0,295	338,8	9,50	2,0648	0,4824	18,613	2153	717,1	2,903
Газовый двигатель ($\alpha=1,0$)	0,047	0,191	365,0	12,35	1,9769	0,4223	13,976	2694	865,3	1,881
Газодизель 1	0,047	0,349	340,4	7,50	2,2697	0,5343	24,910	1967,7	653,4	3,320
Газодизель 2	0,046	0,349	340,4	6,60	2,1977	0,5172	18,373	1864	658,0	3,374

Обозначение: ε – степень сжатия; α – коэффициент избытка воздуха; p_k – давление после компрессора; T_k – температура после компрессора; p_r – давление перед турбиной; $G_{дц}$ – цикловая подача запального дизельного топлива; $G_{тц}$ – цикловая подача топлива (для газодизеля – эквивалентная, то есть с учетом подачи природного газа и дизельного топлива); $G_{заб}$ – масса продуктов сгорания, заброшенная во впускной трубопровод в период перекрытия клапанов; η_v – коэффициент наполнения; $p_{г0}$ – среднее давление потерь на газообмен; $\gamma_{ост}$ – коэффициент остаточных газов; p_a – давление в конце процесса впуска; T_a – температура в конце процесса впуска; Q_w/Q_u – относительная потеря теплоты в среду охлаждения; p_i – среднее индикаторное давление; η_i – индикаторный КПД; p_z – максимальное давление цикла; T_z – максимальная температура в цилиндре; $T_{ср}$ – средняя температура рабочего цикла; $G_{вп}$ – объем впрыска

значений среднего индикаторного давления, близких к тем, которые получены в стехиометрическом однотопливном двигателе. Оптимальным оказывается заметно более ранний угол опережения воспламенения $\varphi=13$ °ПКВ до ВМТ, в то время как при $\alpha=1,0$ оптимальный угол опережения воспламенения $\varphi=3$ °ПКВ до ВМТ. Отношение p_z/p_a растет с углом опережения воспламенения при $\alpha=1,7$ в меньшей степени, чем при $\alpha=1,0$.

Следует также отметить, что в однотопливном газовом двигателе при $\alpha=1,7$ и $p_z=18$ МПа можно устанавливать оптимальный угол опережения воспламенения. При этом начальная температура сжатия ниже, чем при $\alpha=1,0$, в связи с существенно более высокой в последнем случае температурой остаточных газов. Меньшие значения p_z/p_a и T_a вызывают существенное снижение температуры детонации $T_{дет}$.

За температуру детонации $T_{дет}$ условно принята температура адиабатного сжатия от начального давления процесса сжатия p_a до максимального давления в цилиндре. Принято, что температура детонации в случае природного газа не должна превышать 1050 К.

Расчеты температуры $T_{дет}$ для рассматриваемых однотопливных

газовых двигателей показали, что только при запаздывании угла начала воспламенения до 13 °ПКВ после ВМТ удастся получить в стехиометрическом двигателе $T_{дет} < 1050$ К. При этом, естественно, получаются ниже p_i и η_i . В частности $\eta_i = 0,411$.

Из табл. 1 следует, что двигатель, работающий на бедных смесях, имеет экономичность выше, чем стехиометрический, на 14,2 %. Если учесть необходимость установки в стехиометрическом двигателе более позднего угла начала воспламенения, различие в экономичности достигает 17,4 %. Газодизель имеет экономичность выше, чем однотопливный газовый двигатель, работающий на бедных смесях, благодаря более высокой степени сжатия и большему коэффициенту избытка воздуха. Для номинального режима различие индикаторных КПД газодизеля и однотопливного газового двигателя, работающего на бедных смесях при отсутствии ограничения

по p_z , составляет 10,8 %. При ограничении p_z в газодизеле различие снижается до 7,2 %.

В табл. 2 приведены параметры, которые характеризуют тепловую напряженность деталей рассматриваемых двигателей: средние за цикл значения коэффициента теплоотдачи $\alpha_{тср}$ и результирующей по теплообмену температуры $T_{рез}$, а также произведение этих величин, которое в большой мере определяет тепловую напряженность деталей.

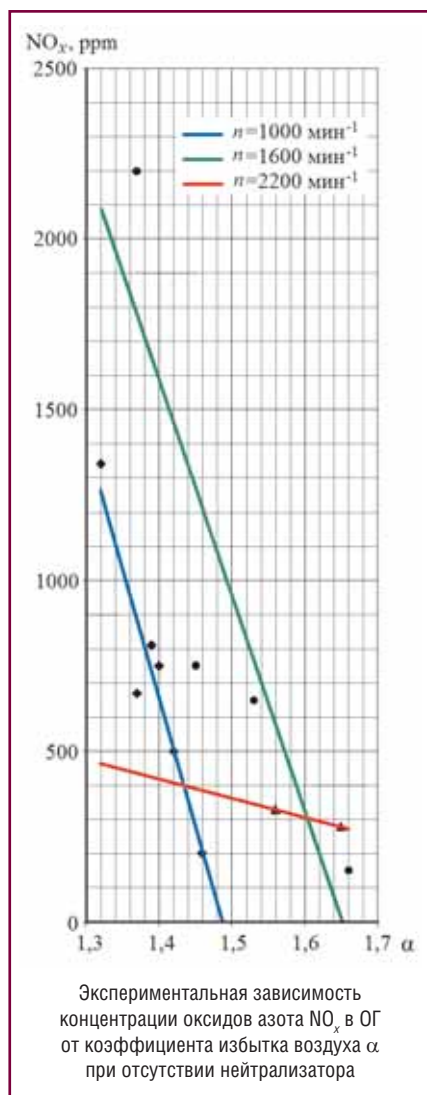
Из табл. 2 следует, что при оптимальных углах воспламенения наибольшая тепловая напряженность характерна для стехиометрического двигателя. При ограничении p_z наименьшая тепловая напряженность имеет место в газодизеле.

Зависимость концентрации оксидов азота от коэффициента избытка воздуха при отсутствии нейтрализатора (рисунок), полученная опытным путем на однотопливном

Таблица 2

Тип двигателя	p_z , МПа	$\alpha_{тср}$, Вт/(м ² ·К)	$T_{рез}$, К	$\alpha_{тср} T_{рез}$, Вт/м ²
Газовый двигатель ($\alpha=1,7$)	18,613	540	1175,9	634986,0
Газовый двигатель ($\alpha=1,0$)	13,976	463	1548,2	716816,6
Газодизель 1	24,910	506	1015,7	663658,4
Газодизель 2	18,373	564	953,7	537886,8





газовом двигателе 8V размерностью S/D = 120/120, показывает, что при работе на бедных газоздушных смесях с $\alpha=1,6...1,7$ содержание оксидов азота в ОГ существенно ниже, чем при работе с меньшими коэффициентами избытка воздуха. Следовательно, при работе на бедных смесях отпадает необходимость в установке восстановительного нейтрализатора, что является большим преимуществом перед стехиометрическим двигателем.

Вместе с тем экспериментальные исследования, проведенные в МАДИ, указывают на необходимость установки на двигателе, работающем на бедных смесях, окислительного нейтрализатора, в основном, для снижения выбросов несгоревших углеводородов метановой фракции [1, 2, 5]. При этом в качестве

катализатора нужно использовать не платину, а палладий. В результате можно обеспечить выполнение норм Евро-5. Для экспериментальных исследований нейтрализаторы проектировались и изготавливались сотрудниками НАМИ, за что авторы выражают им глубокую благодарность.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Однотопливный газовый двигатель имеет несомненные преимущества по экономичности и тепловой напряженности при работе на бедных смесях с обязательным использованием окислительного нейтрализатора.
2. Газодизель имеет преимущества по экономичности и тепловой напряженности перед однотопливными газовыми двигателями

благодаря работе с качественным регулированием, особенно при отсутствии ограничений по p_z .

Однако в газодизеле учтенная в расчетах минимизация запальной порции дизельного топлива может быть получена, как показал наш опыт [6], только при использовании для подачи дизельного топлива аккумуляторной топливной системы и специальной настройки системы электронного управления ею. Вместе с тем при применении аккумуляторной топливной системы базового дизеля следует обратить внимание на то, что при малых подачах дизельного топлива неизбежны перегрев распылителя и коксование сопловых отверстий форсунки. Поэтому целесообразно использовать форсунки с принудительным охлаждением распылителя.

Литература

1. Хачиян А.С., Кузнецов В.Е., Водейко В.Ф., Шишлов И.Г. Результаты разработки газовых двигателей в МАДИ (ГТУ) // АГЗК+АТ. – 2005. – № 3 (21). – С. 37-41.
2. Khachiyani A.S., Kuznetsov V.E., Shishlov I.G. The analysis of ways to ensure low emission (methane inclusive) from natural gas fuelled engines // Silnici Spalinowe (Combustion Engines). – 2006. – № 2 (125). – P. 58-66.
3. Хачиян А.С. Почему в России необходимо переводить транспорт на природный газ // АГЗК+АТ. – 2007. – № 2 (32). – С. 50-51.
4. Хачиян А.С., Шишлов И.Г., Вакуленко А.В. Автомобильный транспорт и парниковый эффект // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. – № 2 (2). – С. 68-70.
5. Хачиян А.С., Кузнецов В.Е., Шишлов И.Г. Перевод отечественных дизелей, находящихся в эксплуатации, на питание природным газом – рациональный способ улучшения экологических характеристик // Автотранспортное предприятие. – 2008. – № 9. – С. 34-40.
6. Хачиян А.С., Шишлов И.Г., Вакуленко А.В. Предварительные результаты исследования газового двигателя нового поколения с качественным регулированием // АГЗК+АТ. – 2009. – № 3 (45). – С. 12-17.
7. Хачиян А.С. Использование природного газа в качестве топлива для автомобильного транспорта // Двигателестроение. – 2002. – № 1. – С. 34-36.
8. Хачиян А.С., Синявский В.В., Шишлов И.Г., Карпов Д.М. Моделирование показателей и характеристик двигателей, питаемых природным газом // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 3 (15). – С. 14-19.
9. Хачиян А.С., Синявский В.В. Расчет цикла четырехтактного газового двигателя. – М.: МАДИ, 2001. – 48 с.
10. Кавтарадзе Р.З. Формулы для расчета задержки воспламенения при работе газодизеля на различных газообразных топливах // Транспорт на альтернативном топливе. – 2009. – № 3 (9). – С. 36-42.

Поздравляем с юбилеем!

11 сентября 2013 г. исполняется 85 лет Алексею Сергеевичу Хачияну, ведущему ученому в области двигателей внутреннего сгорания, широко известному как в нашей стране, так и за рубежом, профессору кафедры «Теплотехника и автотракторные двигатели» Московского автомобильно-дорожного института (ГТУ), в котором он проработал 50 лет.

А.С. Хачиян родился в семье сельских учителей в селе Гадрут Нагорно-Карабахской автономной области Азербайджанской ССР. С отличием окончил Азербайджанский индустриальный институт по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

В 1952 г. поступил в аспирантуру Московского автомобильно-дорожного института (МАДИ). Его руководителем был Николай Романович Бриллинг, человек, сочетавший качества великого ученого и не менее великого человека. В это время Н.Р. Бриллинг руководил ОКБ НАМИ, куда пригласил А.С. Хачияна на работу.

Об этом времени А.С. Хачиян вспоминает так.

«У меня началась счастливая пора моей жизни. Я принимал активное участие в разработке семейства дизелей ДБ. Не будет преувеличением сказать, что конструкция этих дизелей на несколько десятков лет опередила западные разработки. В дизелях ДБ были гениально предугаданы Н.Р. Бриллингом конструктивные решения, которые передовыми фирмами мира применяются сейчас для соблюдения ужесточающихся требований по вредным выбросам: четырехклапанная головка цилиндра, широкая камера сгорания, топливная аппаратура, обеспечивающая при большом числе сопел малого диаметра высокие давления впрыскивания. По ОКБ НАМИ у меня на всю жизнь остались друзья: В.Н. Луканин, Б.М. Покорный, В.К. Чичинадзе, В.Е. Кузнецов, В.Ф. Водейко».

В 1959 г. А.С. Хачиян был приглашен на работу во ВНИИГАЗ Газпрома СССР, где возглавил работы по созданию на базе дизель-генератора полностью автоматизированного двигатель-генераторного агрегата с газовым двигателем мощностью 80 л.с.

В 1963 г. заведующий кафедрой «Автотракторные двигатели» профессор М.С. Ховах пригласил А.С. Хачияна на работу в МАДИ, где он трудится до сего времени. Алексей Сергеевич читает лекции, руководит аспирантами, бакалаврами, дипломниками, возглавляет научные группы, занимающиеся работами по широкому кругу вопросов, относящихся к дизелям.

Последние 17 лет, не оставляя дизельной тематики, А.С. Хачиян руководит группой исследователей, которая решает проблемы, связанные с конвертацией дизелей на питание природным газом. Под руководством А.С. Хачияна был разработан ряд моделей газовых двигателей с искровой системой зажигания, имеющих количественное регулирование и внешнее смесеобразование, для больших городских автобусов. Вариант газового двигателя без наддува успешно прошел эксплуатационные испытания на автобусах, работающих на регулярных маршрутах.

В настоящее время А.С. Хачиян возглавляет работы, направленные на создание газовых двигателей нового поколения, которые имеют высокую (дизельную) степень сжатия и качественное регулирование. Для газового двигателя нового поколения с внутренним смесеобразованием разработана, изготовлена и испытана газовая форсунка с гидравлическим приводом. Для исследования рабочего процесса газового двигателя нового поколения с внешним смесеобразованием, в котором воспламенение газозвушной смеси осуществляется от минимизированной запальной порции дизельного топлива, на базе дизеля V6 создается моторная установка.

Профессор Хачиян много раз представлял МАДИ (ГТУ) на научно-технических конференциях в нашей стране и за рубежом, неоднократно выезжал в зарубежные командировки, из них 3 раза в длительные в Индию по двустороннему соглашению и как эксперт ЮНЕСКО и ЮНИДО.

А.С. Хачияном лично и в соавторстве выпущено восемь монографий, семь учебников для вузов, большое число учебных и методических пособий, получены авторские свидетельства, патенты и свидетельства на полезную модель (всего 24). Алексей Сергеевич имеет более 160 научных публикаций.

За 50 лет работы в МАДИ (ГТУ) Алексей Сергеевич Хачиян создал свою научную школу, подготовив большое число студентов и стажеров. Под его руководством почти два десятка отечественных и зарубежных аспирантов, которые практически все стали ведущими работниками предприятий, научно-исследовательских организаций и высших учебных заведений в нашей стране и за рубежом, получили ученые степени.

А.С. Хачиян является лауреатом Государственной премии Правительства РФ в области техники, награжден медалью «За трудовую доблесть».

Коллективы кафедры «Теплотехника и автотракторные двигатели», проблемной лаборатории транспортных двигателей и все работники университета от всей души желают Алексею Сергеевичу Хачияну здоровья, долгих лет жизни, плодотворной деятельности и счастья, а также передают свои поздравления и наилучшие пожелания всей его большой семье.



Мировой рынок КПГ в марте 2013 г.

Страна	Общий спрос на КПГ, млн м ³ /год	Парк ГБА, всего	Парк АГНКС, всего	Удельный спрос на КПГ (тыс. м ³ /год/1 ГБА)	Удельный парк ГБА на одну АГНКС
Иран	5 760,00	3 300 000	1 960	1 745	1 684
Таиланд	3 422,04	352 652	481	9 704	733
Пакистан	2 949,00	3 100 000	3 330	951	931
Аргентина	2 777,40	2 193 114	1 921	1 266	1 142
Бразилия	1 963,20	1 733 469	1 793	1 133	967
Индия	1 958,52	1 500 000	724	1 306	2 072
Южная Корея	1 116,00	35 872	190	31 111	189
Бангладеш	1 098,60	200 000	600	5 493	333
США	930,24	112 000	1 035	8 306	108
Италия	870,00	746 470	909	1 165	821
Украина	624,00	388 000	324	1 608	1 198
Колумбия	540,00	387 250	676	1 394	573
Египет	456,00	178 000	160	2 562	1 113
Россия	390,00	87 000	250	4 534	344
Армения	318,24	244 000	345	1 304	707
Боливия	315,34	254 722	156	1 238	1 633
Германия	276,00	95 162	904	2 900	105
Перу	222,72	136 662	189	1 630	723
Норвегия	196,80	908	26	216 740	35
Болгария	180,00	61 623	103	2 921	598
Малайзия	177,60	53 783	173	3 302	311
Австрия	162,00	7 065	203	22 930	35
Швеция	136,80	44 000	195	3 109	226
Венесуэла	97,80	105 890	166	924	638
Франция	72,00	13 500	177	5 333	76
Испания	53,76	3 219	60	16 701	54
Турция	50,40	3 850	14	13 091	275
Таджикистан	49,56	10 600	53	4 675	200
Чили	38,40	8 164	15	4 704	544
Великобритания	36,00	559	22	64 401	25
Швейцария	19,32	11 500	166	1 680	69
Мексика	16,44	2 600	8	6 323	325
Чешская Республика	15,24	5 000	61	3 048	82
Португалия	13,92	586	5	23 754	117
Белоруссия	12,36	4 600	42	2 687	110
Сингапур	12,36	5 522	4	2 238	1 381
Словакия	12,00	1 170	14	10 256	84
Тринидад и Тобаго	9,60	4 100	9	2 341	456
Польша	9,12	2 094	47	4 355	45
Киргизия	7,20	6 000	6	1 200	1 000
Финляндия	4,99	1 300	19	3 840	68
Молдавия	4,80	2 200	24	2 182	92
Сербия	3,72	838	9	4 439	93

Мозамбик	2,88	661	2	4 357	331
Литва	2,40	190	3	12 632	63
Исландия	2,20	916	2	2 397	458
Венгрия	1,80	372	17	4 839	22
Лихтенштейн	1,20	143	2	8 392	72
Доминиканская Республика	1,10	8 000	5	138	1 600
Хорватия	0,96	143	1	6 713	143
Люксембург	0,67	253	7	2 630	36
Македония	0,25	54	1	4 667	54
Эстония	0,24	191	4	1 257	48
Словения	0,10	41	6	2 341	7
Латвия	0,03	18	1	1 713	18
Австралия	–	3 500	51	–	69
Алжир	–	125	3	–	42
Афганистан	–	–	1	–	–
Бельгия	–	355	15	–	24
Босния и Герцеговина	–	21	2	–	11
Вьетнам	–	462	7	–	66
Греция	–	526	3	–	175
Грузия	–	3 000	50	–	60
Дания	–	14	1	–	14
Индонезия	–	5 690	7	–	813
Ирландия	–	1	–	–	–
Казахстан	–	3 200	2	–	1 600
Канада	–	14 205	83	–	171
Китай	–	1 500 000	2 800	–	536
Мьянма (Бирма)	–	30 005	51	–	588
Нигерия	–	345	6	–	58
Нидерланды	–	5 202	153	–	34
Новая Зеландия	–	201	14	–	14
Объединенные Арабские Эмираты	–	1 751	17	–	103
Панама	–	15	–	–	–
Танзания	–	52	1	–	52
Тунис	–	34	1	–	34
Туркмения	–	–	1	–	–
Узбекистан	–	310 000	175	–	1 771
Филиппины	–	71	3	–	24
Черногория	–	–	1	–	–
Эквадор	–	40	1	–	40
Южная Африка	–	24	2	–	12
Япония	–	41 463	329	–	126
Итого	27 368,11	17 335 340	21 399	1 579	810

Примечание. Наиболее достоверным показателем развития газомоторного рынка является спрос на газ в транспортном секторе потребления. Число АГНКС так же, как и парк газобаллонных автомобилей, в меньшей степени характеризует рынок. В связи с этим НГА при определении газомоторного рейтинга стран и регионов исходит именно из показателя спроса/потребления природного газа или СУГ. Следует учитывать, что не все страны предоставляют такие данные.

Система рециркуляции отработавших газов современных двигателей

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

Уточнен механизм влияния рециркуляции отработавших газов (ОГ) на рабочий процесс современного двигателя. Сформулирована концепция эффективности системы рециркуляции ОГ. Разработан метод проектирования и расчета функциональных элементов этой системы. Приведены ее принципиальные схемы. Представлены результаты влияния рециркуляции на рабочий процесс бензинового двигателя и дизеля.

Ключевые слова: рециркуляция отработавших газов, процесс сгорания, величина рециркуляции, коэффициент наполнения, принципиальная и конструктивная схемы системы рециркуляции, вредные вещества продуктов сгорания, эффективность системы рециркуляции.

Современные двигатели оснащают комплексной системой снижения токсичности и дымности ОГ. Одним из наиболее известных способов повышения экологической эффективности признано применение системы рециркуляции (РЦ) ОГ. Первый экологический стандарт OBD-I (Onbond diagnostic-I), ставший обязательным в 1989 г. в штате Калифорния (США), был основан на оценке экологической эффективности системы рециркуляции ОГ.

Бортовая диагностическая система автомобиля позволяет приоритетно обнаруживать неисправность системы РЦ ОГ и ухудшение работы средств доочистки выбросов вредных веществ (ВВ).

Принцип работы системы РЦ основан на возврате строго определенного количества ОГ во впускной трубопровод (ВТ) двигателя. Система РЦ, используемая во всех современных бензиновых двигателях и дизелях отечественного и зарубежного производства, обеспечивает соблюдение норм выбросов ВВ. Загрязнение ОГ связано с повышенным выбросом оксидов азота. Электронный блок управления (ЭБУ) двигателя, управляющий системой РЦ, снижает температуру в камере сгорания (КС) до оптимальной, условия для образования NO_x становятся менее благоприятными.

Обязательное применение РЦ ОГ регламентировано стандартом OBD-II и EOBD (Европейский стандарт, введенный в 2000 г.). Многие теоретические вопросы и технические решения системы РЦ ОГ еще не до конца изучены.

При разработке методологии проектирования и расчета системы РЦ современных двигателей были поставлены следующие задачи:

- уточнение механизма влияния РЦ на рабочий процесс двигателя;
- создание математических моделей системы РЦ ОГ;
- разработка принципиальных систем РЦ бензиновых двигателей и дизелей и проведение испытаний;

- разработка метода расчета системы рециркуляции ОГ и оценка ее эффективности.

Доля массы воздуха, заполняющего один цилиндр, в общей массе воздуха, поступившей в цилиндры ДВС за рабочий цикл, обусловлена тактностью работы ДВС. Цикловое наполнение двигателя с учетом РЦ ОГ можно представить зависимостью [2]

$$G_{\text{ци}} = \frac{M_{\text{мн}} i K_{\text{рц}}}{1,2n}, \quad (1)$$

где $M_{\text{мн}}$ – массовое наполнение цилиндра; i – тактность двигателя; n – частота вращения КВ двигателя; $K_{\text{рц}}$ – коэффициент рециркуляции ОГ.

Масса перепущенных ОГ может быть представлена

$$M_{\text{пер}} = M_{\text{КС}} - M_{\text{ВТ}}, \quad (2)$$

где $M_{\text{КС}}$ – общая масса газа, поступающего в камеру сгорания; $M_{\text{ВТ}}$ – масса ОГ, поступающих в ВТ.

Коэффициент рециркуляции

$$K_{\text{рц}} = \frac{M_{\text{пер}}}{M_{\text{КС}}}. \quad (3)$$

Система РЦ уменьшает содержание кислорода в КС, что влияет на сгорание и снижает максимальную температуру во фронте пламени. В результате происходит снижение эмиссии NO_x .

Цикловое наполнение $G_{\text{ци}}$ является одним из основных управляющих параметров, определяющих характер протекания рабочего цикла с учетом рециркуляции ОГ.

$$G_{\text{ци}} = V_{\text{ц}} \gamma_{\text{вп}} \frac{T_{\text{вп}}}{T_{\text{вп}} + \Delta T} \cdot \frac{\Phi_{\text{доз}}}{k(\epsilon - 1)} \cdot \frac{p_{\text{а}}}{p_{\text{вп}}} \left(\epsilon - \frac{p_{\gamma}}{p_{\text{а}}} + (k - 1)(\epsilon - 1) \eta_{\text{н}} K_{\text{рц}} \right), \quad (4)$$

где $V_{\text{ц}}$ – рабочий объем цилиндра; $\gamma_{\text{вп}}$ – плотность воздуха во впускной системе; $T_{\text{вп}}$ – температура свежего заряда на входе в цилиндр; $\Phi_{\text{доз}}$ – коэффициент дозарядки; $p_{\text{а}}$ – давление конца впуска (атмосферное); ϵ – степень сжатия;

p_v – давление остаточных и перепускаемых газов; k – коэффициент адиабаты; η_n – коэффициент наполнения; ΔT – изменение температуры воздуха на впуске; $p_{вп}$ – давление свежего заряда в начале впуска (на входе в цилиндр).

Цикловое наполнение зависит от конструктивных параметров двигателя и выпускной системы, внешних условий на впуске и противодействия ОГ. К факторам, влияющим на цикловое наполнение, относятся температура и давление остаточных газов, зависящие от противодействия на выпуске и степени их перетекания во впускную систему при перекрытии клапанов, а также температура и давление воздуха на впуске, определяемые фазами газораспределения и степенью газодинамического наддува.

Под коэффициентом наполнения следует понимать долю рабочего объема двигателя, которую занимает свежий заряд при давлении и температуре газов в цилиндре двигателя:

$$\eta_n = \frac{M_{св}}{M_T}, \quad (5)$$

где $M_{св}$ – масса свежего заряда, поступившего в цилиндр при его наполнении; M_T – теоретическая масса свежего заряда, которая могла бы поступить в цилиндр в процессе наполнения.

Рабочая смесь состоит из свежего заряда и остаточных газов, в том числе газов, перепускаемых системой РЦ. Коэффициент наполнения с учетом РЦ ОГ может быть представлен зависимостью

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{T_{вп}}{T_{вп} + \Delta T} \cdot \frac{p_a}{p_{вп}} \left(1 - \frac{p_r \varphi_{рц} \varphi_{оч}}{\varepsilon \varphi_{доз} p_a} \right) \varphi_{доз}, \quad (6)$$

где p_r – давление остаточных газов в цилиндре двигателя; $\varphi_{рц}$ – соотношение теплоемкостей остаточных и рециркулируемых газов и свежего заряда; $\varphi_{оч}$ – коэффициент очистки цилиндра за счет продувки.

Рециркуляция ОГ сопровождается уменьшением максимальной температуры цикла благодаря уменьшению массы свежего заряда и увеличению его теплоемкости. Присутствие смеси газов в процессе сгорания приводит к снижению локальных и средних температур цикла, способствующих образованию NO_x .

Применение системы РЦ ведет к уменьшению мощности ДВС, ухудшению экономичности и всех технико-экономических показателей, кроме экологических.

Система РЦ содержит внешние и внутренние ОГ. Внешние ОГ образуются при работе камеры сгорания и направляются в выпускную систему, внутренние – при работе КС в результате перекрытия клапанов. Последние частично остаются в камере сгорания, частично поступают в ВТ. Доля внутренних ОГ существенно меньше внешних. В обедненном режиме работы двигателя присутствует кислород, не полностью сгорающий в камере сгорания (до 8 %). Определенная доля внутренних ОГ вместе

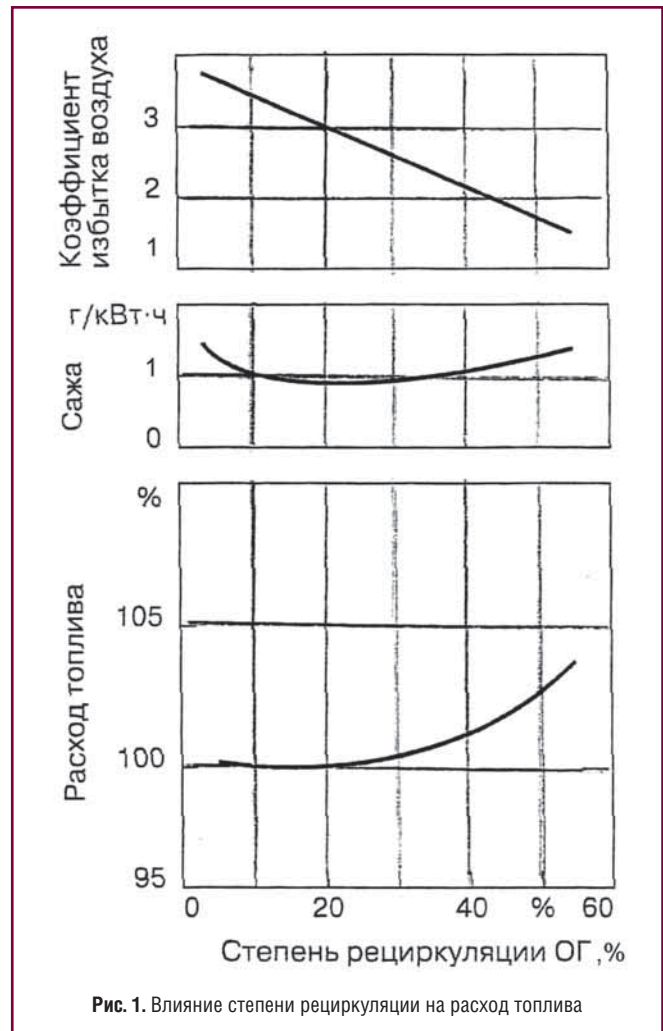


Рис. 1. Влияние степени рециркуляции на расход топлива

с внешними поступает на повторное дожигание, а некоторое их количество остается в камере сгорания.

Рециркуляция ОГ обеспечивает увеличение наполнения цилиндров при остающемся постоянном количестве подаваемого свежего воздуха. Современные двигатели, обеспечивающие точный расчет ОГ, перепущенных в камеру сгорания, эксплуатируются с большим коэффициентом избытка воздуха (рис. 1).

Определяющим параметром системы РЦ является коэффициент рециркуляции

$$K_{рц} = \frac{C_{вт} - C_{ос}}{C_{ог}}, \quad (7)$$

где $C_{вт}$, $C_{ос}$, $C_{ог}$ – концентрации CO_2 соответственно в ВТ, окружающей среде и ОГ.

Аналогичный подход использован фирмой Ricardo Consulting Engineers путем введения параметра EGR (Exhaust gas recirculation) control [1, 3].

Воздействие ОГ на процесс сгорания проявляется в двух аспектах. Содержащийся в составе ОГ диоксид азота способствует ускорению предпламенных химических реакций, в результате которых сокращается задержка воспламенения. Сгорание протекает при меньшей скорости

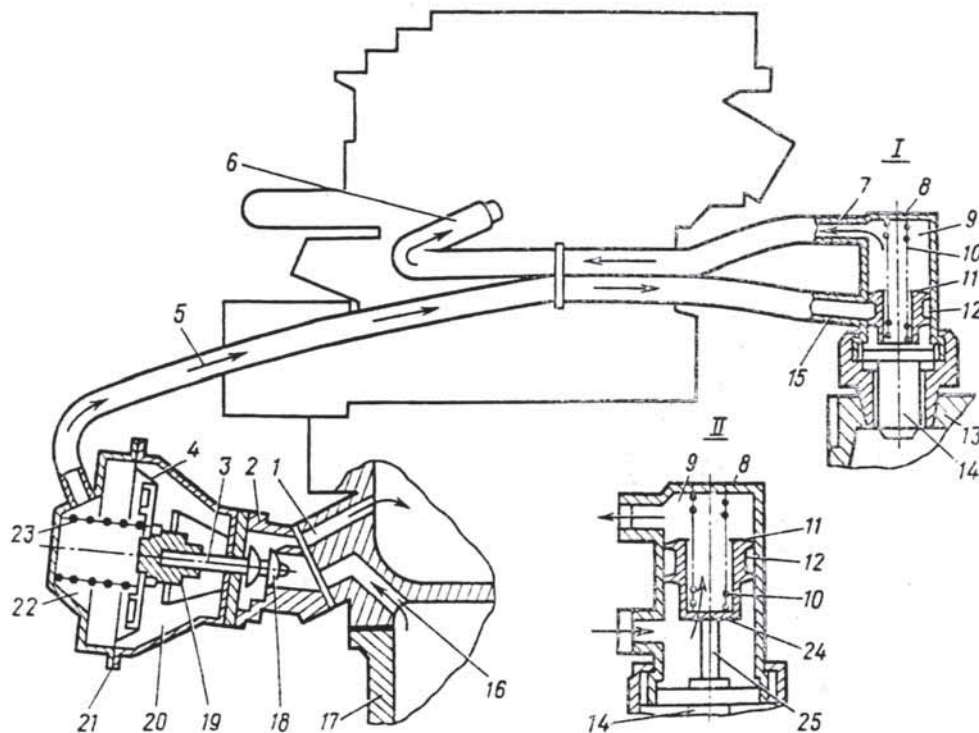


Рис. 2. Принципиальная схема системы рециркуляции ОГ бензинового двигателя:

I – общая схема системы РЦ; II – схема термостатического цилиндра; 1 – канал; 2 – седло; 3 – шток; 4 – диафрагма; 5, 6 – соединительные шланги; 7 – патрубок; 8 – термовакуумный выключатель; 9 – полость; 10 – пружина; 11 – поршень; 12 – управляющая полость; 13 – рубашка с жидкостным охлаждением; 14 – термостатический цилиндр; 15 – штуцер; 16 – выходной канал; 17 – впускной трубопровод; 18 – клапан; 19 – жесткий центр; 20 – надмембранная полость; 21 – редукционный клапан; 22 – подмембранная полость; 23 – пружина; 24 – перепускное отверстие; 25 – шток

нарастания давления, в результате чего снижается содержание оксидов азота NO_x и углеводородов CH (особенно альдегидов) в составе ОГ.

Отработавшие газы, попав в цилиндры, действуют как активные центры в начале сгорания, но вместе с тем они увеличивают количество балластных компонентов, замедляющих окисление и снижение температуры рабочего цикла.

Образование NO_x в ОГ является следствием высоких температуры и давления в КС, связанных с повышением эффективности сжигания топлива в двигателе. Чем выше температура, то есть чем выше топливная экономичность и мощность двигателя, тем выше выброс оксидов азота.

Из-за недостатка кислорода в отдельных зонах КС образуется слишком богатая смесь, сгорание которой не может быть полным и сопровождается образованием частиц сажи. Содержание сажи достигает минимального значения при $K_{\text{рц}} = 25\%$.

Система РЦ (рис. 2), предназначенная для снижения выброса вредных веществ, содержит редукционный клапан, размещенный на впускном трубопроводе 17, термовакуумный выключатель 8, ввернутый в рубашку 13, соединительные шланги 5 и 6.

Клапан РЦ ОГ снабжен диафрагмой 4 с жестким центром 19, которая нагружена пружиной 23 и размещена

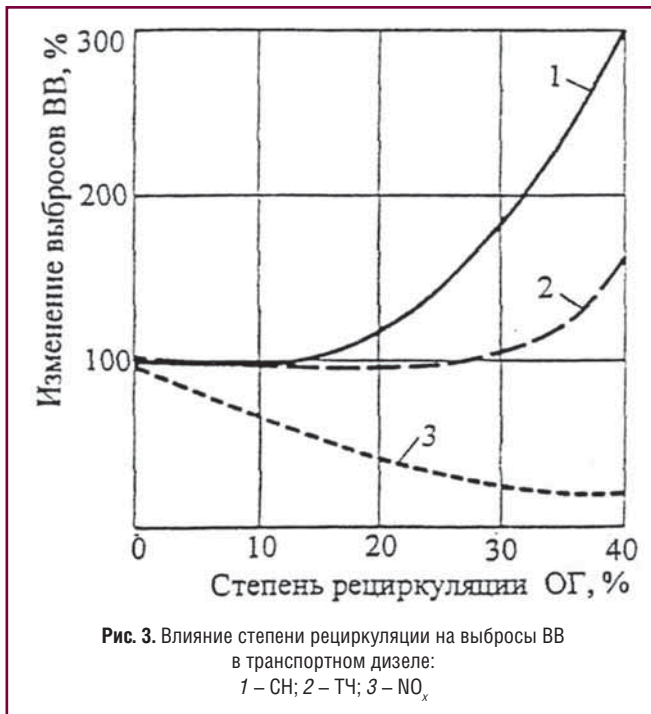
с образованием подмембранной полости 22, а также штоком 3 с уплотнителем, кинематически связанным с седлом 2.

Термовыключатель 8 содержит подвижный поршень 11, размещенный с образованием управляющей полости 12 и нагруженный пружиной 10. В днище поршня 11 выполнены перепускные отверстия 24. Поршень кинематически связан штоком 25 с термостатическим цилиндром 14.

ОГ поступают через выходной канал 16, открытое седло 2, входной канал и впускной тракт. РЦ ОГ во впускной тракт осуществляется на двигателе, прогревом до температуры $35...40^\circ\text{C}$ на режимах частичных нагрузок.

Разрежение, передаваемое через патрубок 7, полость 9, преодолевая усилие пружины 10, перемещает поршень 11 и через перепускное отверстие 24, штуцер 15, шланг 5 и надмембранную полость 22 обеспечивает перемещение клапана 18. По мере увеличения температуры термостат 14 расширяется и через шток 25 сжимает пружину 10 и обеспечивает перемещение поршня 11.

В системе рециркуляции ОГ на режимах частичных нагрузок часть ОГ направляется в ВТ. Система РЦ ОГ не работает на режимах холостого хода (ХХ) и при полном открытии дросселя, так как отверстие, через которое передается разрежение на диафрагменный механизм клапана рециркуляции, расположено над дроссельной заслонкой. Правильная работа проверяется на прогревом двигателя увеличением частоты вращения КВ до



3000 мин⁻¹ и визуальным наблюдением за перемещением штока 3 клапана 21. Если шток 3 клапана 21 РЦ не перемещается, то необходимо проверить наличие управляющего разрежения на диафрагменном механизме клапана РЦ, которое свидетельствует о неисправности клапана. При отсутствии управляющего разрежения необходимо заменить термовакuumный выключатель.

Рециркуляция ОГ начинается после прогрева охлаждающей жидкости до температуры 35...40 °С и осуществляется во всем диапазоне частичных нагрузок. При работе двигателя на полной нагрузке система рециркуляции ОГ выключается. С ростом K_{rc} коэффициент наполнения цилиндра всегда уменьшается, мощность и крутящий момент также снижаются.

По мере увеличения степени рециркуляции выбросы оксидов азота уменьшаются, а СН и твердых частиц (ТЧ) возрастают (рис. 3).

Кислород повышает температуру горения. За счет введения ОГ (искусственное уменьшение содержания кислорода в составе рабочей смеси) происходит ее снижение, что приводит к уменьшению количества кислорода, взаимодействующего с азотом и обеспечивающего снижение количества NO_x.

Сравнительно низкая температура ОГ дизеля (150...250 °С) недостаточна для эффективного протекания его каталитических процессов. Снижение NO_x достигается введением в конструкцию системы Depox с дополнительной внешней рециркуляцией ОГ. ЭБУ по сигналам λ-зонда корректирует работу системы РЦ ОГ и определяет оптимальную продолжительность впрыскивания и давление наддува. Рециркуляция ОГ позволяет

снизить эмиссию NO_x без существенного увеличения образования сажи в двигателе.

В современных двигателях точное определение количества ОГ, перепущенных в камеру сгорания, обеспечивают датчик температуры воздуха, конструктивно расположенный в корпусе, датчик давления в ВТ и датчик атмосферного давления, расположенный в корпусе блока управления.

Кроме жидкостного, используют другие варианты охлаждения ОГ. За их температурой постоянно следит датчик температуры, входящий в состав системы управления двигателем. В некоторых системах управления этот датчик включен в общую систему определения точного количества перепущенных в камеру сгорания ОГ.

Это особенно эффективно в дизелях с аккумуляторной топливной системой Common rail (CR) благодаря возможности получения почти идеальной топливовоздушной смеси в результате высокого давления впрыска. В системе РЦ ОГ на режимах частичных нагрузок часть ОГ направляется в ВТ, что сопровождается уменьшением содержания кислорода в камере сгорания. Сгорание становится менее интенсивным, сопровождается снижением максимальной температуры во фронте пламени и уменьшением выброса NO_x. При рециркуляции ОГ, превышающей 40 % объема воздуха на впуске, происходит увеличение эмиссии сажи, СО, СН и увеличение расхода топлива из-за недостатка кислорода.

Концентрация оксидов азота, выбрасываемых в окружающую среду, может быть сокращена до 50 %. У дизелей образование частиц сажи снижается на 10 %. Системы имеют замкнутый контур, снабженный обратной связью. Большинство систем РЦ регулируются электрическим способом и оснащены датчиком, передающим сигнал в ЭБУ. Другие системы регулируются электропневматически, а обратная связь обеспечивает регулирование датчиков массового расхода воздуха, абсолютного давления в ВТ и температуры впускного воздуха. Наиболее распространенная проблема связана с отложениями углерода на пластине или гнезде клапана.

Принципиальная схема системы рециркуляции ОГ современного газодизеля с λ-зондом приведена на рис. 4.

Система снижения токсичности и дымности ОГ дизеля 1 содержит систему питания CR, впускной 3 и выпускной 11 трубопроводы, сообщенные между собой с помощью патрубка рециркуляции 15, нагнетатель 8 с температурным датчиком, управляющий λ-зонд 9, электромагнитную форсунку 2, связанную электрической цепью с ЭБУ 7, массовый расходомер воздуха 6, устройство дозирования специальной присадки к топливу, каталитический нейтрализатор и сажевый фильтр. Массовый расходомер воздуха снабжен пленочным термоанемометром.

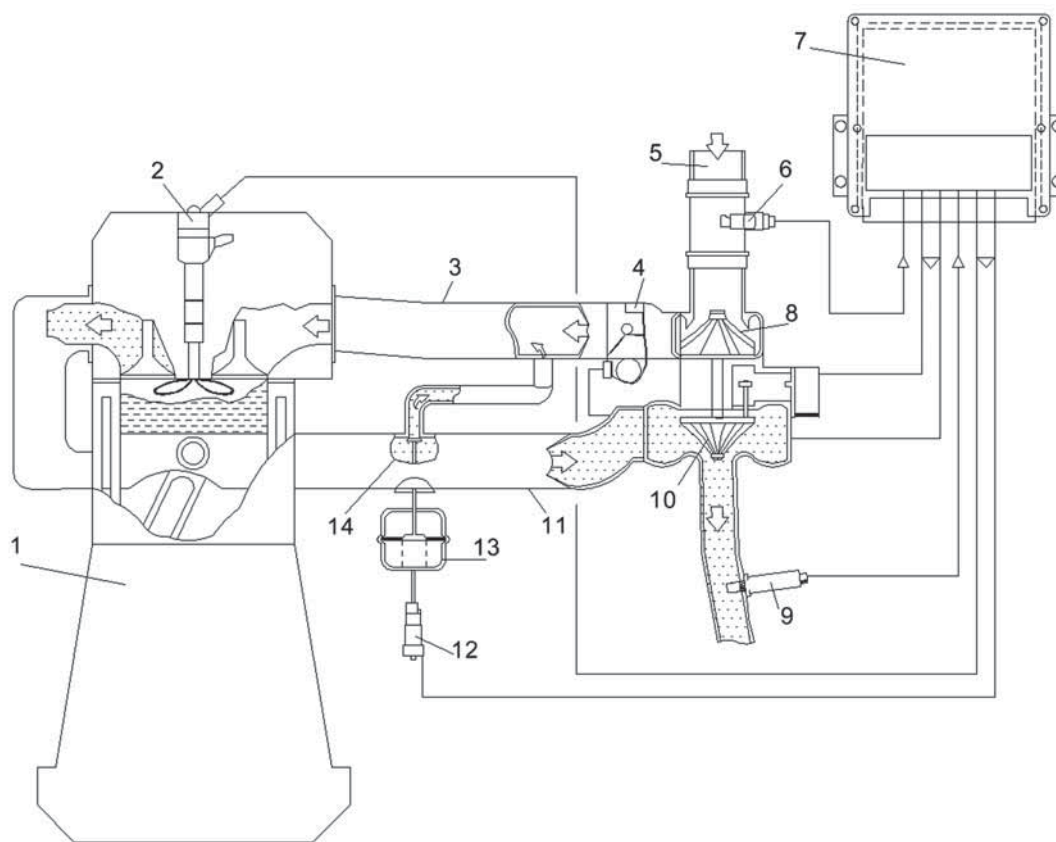


Рис. 4. Принципиальная схема системы рециркуляции ОГ современного газодизеля с λ -зондом:

1 – двигатель; 2 – форсунка; 3 – впускной трубопровод; 4 – дроссельная заслонка; 5 – впускной патрубок; 6 – массовый расходомер воздуха; 7 – ЭБУ; 8 – нагреватель; 9 – λ -зонд; 10 – турбокомпрессор; 11 – выпускной трубопровод; 12 – клапан регулирования давления; 13 – привод клапана регулятора наддува; 14 – перепускной клапан; 15 – трубопровод рециркуляции ОГ

Системой датчиков РЦ ОГ управляет ЭБУ на основании показаний датчиков температуры охлаждающей жидкости, электромагнитного и вакуумного клапанов.

При умеренной рециркуляции ОГ (5...15 %) и сохранении исходным крутящего момента в двигателе достигаются весьма низкие удельные выбросы NO_x , составляющие 4,5...2,5 г/(кВт·ч) по 13-ступенчатому циклу при обеспечении приемлемого уровня дымности ОГ, что является важнейшим преимуществом системы РЦ ОГ.

Система РЦ на некоторых двигателях может быть оборудована жидкостным охлаждением для защиты самого клапана, расположенного вблизи точки отбора ОГ, от высоких температур и понижения коэффициента наполнения цилиндров.

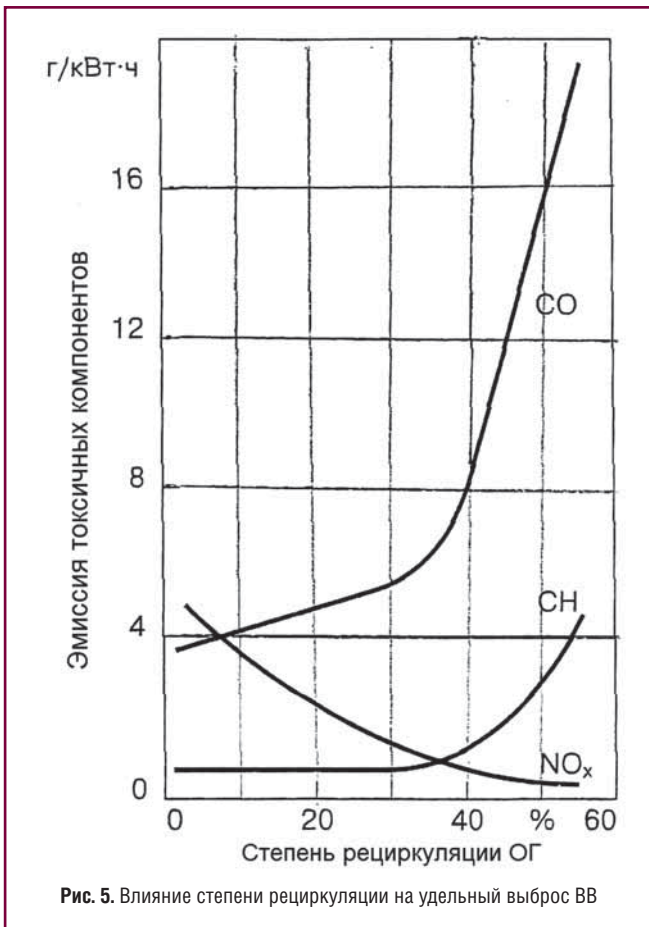
Точное количество перепущенных в камеру сгорания ОГ определяется ЭБУ по заложенной программе на основании показаний датчиков охлаждающей жидкости, абсолютного давления или расходомера воздуха, а также датчиков положения дроссельной заслонки и температуры воздуха в ВТ. При запуске двигателя ЭБУ ориентируется на показания датчика температуры охлаждающей жидкости. Если двигатель холодный, то команда добавки ОГ в цилиндры двигателя не поступает.

Когда температура работающего на ХХ двигателя достигнет 60...80 °С, ЭБУ подает сигнал на открытие электромагнитного клапана.

Если частота вращения КВ превышает 3000 мин⁻¹, то ЭБУ дает команду на электромагнитный клапан РЦ закрыться и отсечь поступление ОГ в цилиндры двигателя.

В трубопроводе между клапаном РЦ и ВТ делается вставка с калиброванным отверстием для измерения дифференциального давления. Когда клапан открывается, это давление возрастает, что фиксируется монитором с помощью датчика дифференциального давления. Когда клапан РЦ закрыт, давление по обе стороны вставки становится одинаковыми.

Влияние степени рециркуляции на удельный выброс ВВ приведено на рис. 5. В современных высокофорсированных транспортных дизельных двигателях при нагрузках менее 75 % $N_{e \text{ ном}}$ и $M_{e \text{ max}}$ образуется 65...70 % оксидов азота от суммарного их количества и до 58 % полной эмиссии сажи. Содержание СН в меньшей степени зависит от уровня рециркуляции ОГ. Выходной сигнал контрольного датчика сравнивается со значениями из калибровочной таблицы, хранящейся в памяти ЭБУ, и определяется эффективность системы РЦ.



Применение рециркуляции ОГ ($K_{rc} = 50\%$) при тех же нагрузках позволяет уменьшить содержание NO_x в ОГ лишь на 10...15 %.

Снижение максимальной температуры цикла способствует уменьшению выброса оксидов азота на 60...70 %.

При $K_{rc} = 10\%$ в форсированном транспортном дизельном двигателе с высоким уровнем исходных показателей достаточно просто достигаются перспективные ограничения норм токсичности ОГ. Эксперименты по рециркуляции осуществлялись на дизеле Д-22. Количество перепускаемого газа регулировали дроссельной заслонкой. Предельное значение перепуска определялось по интенсивности стука в двигателе, что соответствовало углу поворота открытия

дроссельной заслонки 53° . Повышенное содержание рециркулируемых газов вызывает более высокие выбросы сажи и СО вследствие недостатка воздуха в смеси. В зависимости от режима работы двигателя масса воздуха с ОГ может содержать до 40 % перепускаемых газов.

Перепуск газов приводит к увеличению концентраций в ВВ продуктов неполного сгорания топлива. При работе двигателя на режимах ХХ (предельное значение перепуска) содержание СО увеличивается в 3 раза, альдегидов и СН – в 1,5 раза. Особенно быстро растет выброс сажи – при работе без нагрузки увеличивается в 8, а при нагрузке в 20-30 раз, концентрация NO_x на режиме ХХ уменьшается вдвое. Частота вращения КВ не оказывает влияния на концентрации выброса ВВ.

Проведены исследования работы дизеля 6Ч (120/140) с неразделенной КС. Для дополнительного снижения выброса NO_x уменьшался угол опережения впрыска топлива либо вдвое, либо на 1/3 по отношению к оптимальному по экономичности. Для уменьшения выброса сажи в топливо добавлялась антидымная бариевая присадка марки SLD бельгийской фирмы «Лабофина».

На основании результатов исследований был рекомендован перепуск ОГ с ограничением его содержания (не более 30 %), так как большие значения перепуска ухудшают параметры двигателя. Увеличение перепуска снижает концентрацию NO_x в 3 раза, но при этом происходит увеличение в 3 раза выброса сажи, потеря мощности составляет 35 %, а ухудшение топливной экономичности достигает 25 %. При одинаковом объеме перепуска ОГ эффективность метода, незначительная на малых нагрузках, достигает максимума при $0,7...0,8 N_{e\text{ном}}$, а затем убывает.

Эффективность системы РЦ ОГ двигателей с различными системами топливоподачи приведена в таблице.

Система РЦ в бензиновых двигателях сокращает насосные потери за счет снижения перепада давления на дроссельной заслонке. Более низкие температуры сгорания предотвращают детонацию, поэтому может быть установлен более ранний момент зажигания, обеспечивающий повышение крутящего момента. В дизелях система снижает жесткую работу двигателя на холостом ходу, так как

Эффективность системы РЦ ОГ

Параметры РЦ ОГ	Дизель (все виды впрыска)	Бензиновый ДВС (впрыск в ВТ)	Бензиновый ДВС (непосредственный впрыск)
Максимальный коэффициент рециркуляции ОГ, %	65	25	50 (послойное смесеобразование) 30 (гомогенное смесеобразование)
Снижение содержания, %			
NO _x	50	40	50...60
CO ₂	–	3	3
СН	10	–	–
ТЧ	10	–	–
Снижение шума, дБ	2	–	–

Примечание. Дополнительные мероприятия: дизельные транспортные средства высокой весовой категории и бензиновые ДВС снабжены системой РЦ ОГ с охлаждением; в бензиновых ДВС – усиленная рециркуляция ОГ при высокой нагрузке.

пониженное содержание кислорода уменьшает давление сгорания. Клапан PC открывается на холостом ходу и обеспечивает впуск воздуха до 50 %. Поскольку нагрузка двигателя увеличивается, коэффициент PC снижается до уровня, при котором при полной нагрузке клапан закрывается.

Если клапан PC засорен, то его будет заклинивать при открытии и закрытии, либо он будет медленно реагировать. Если клапан заклинивает при открытии, то это приведет к неэффективной работе бензинового двигателя на холостом ходу, снижению мощности дизельного двигателя и образованию черного дыма на старых системах без расходомера воздуха. Если клапан заклинивает при закрытии, то это приведет к очень жесткой работе дизеля или неэффективному расходу топлива в бензиновых двигателях.

Если клапан медленно реагирует, то проблемы становятся менее очевидными, что приводит к неисправностям, связанным с работой двигателя на холостом ходу и управляемостью автомобиля в целом. В некоторых случаях загорается лампа неисправности (MIL), что указывает на неисправность катализатора.

С 1980 г. система PC стала частью электронной системы автоматического управления двигателем. ЭБУ контролирует эффективность работы системы PC ОГ. Она не работает при запуске холодного двигателя и его прогреве до температуры 40...60 °С.

Современные экологические стандарты OBD-II и EOBD второго поколения предполагают наличие бортовой диагностики, основанной на системе PC ОГ. При нормальной работе системы PC после закрытия клапана PC содержание кислорода в ОГ повышается, и напряжение на выходе датчика кислорода уменьшается. Монитор запишет код ошибки, если это напряжение уменьшится недостаточно.

В современных двигателях используют два типа контрольных датчиков. В одном варианте применяется терморезистор с отрицательным коэффициентом сопротивления, установленный на входном патрубке систем PC. С его помощью монитор контролирует температуру ОГ при открытом и закрытом клапане PC. При исправной системе напряжение на терморезисторе уменьшится, когда клапан открывается. Если измеренное напряжение не соответствует значению, заложенному в память, монитор запишет код ошибки.

Двигатели системы PC до 1999 г. не имели кодов неисправностей, только в 2001 г. появилась таблица кодов, поэтому современные двигатели могут определять неисправность системы PC по кодам неисправностей. Если правильно провести процедуру самодиагностики, то получим код P0401 или P0403.

Код P0401: нештатная работа датчика давления воздушного потока. Возможные причины – неплотное соединение вакуумной магистрали с ВТ или самим датчиком, трещины и повреждения в вакуумной магистрали, из-за чего происходит перепуск воздуха и не создается истинное давление

на входе самого датчика, наддув турбины происходит или поздно, или вообще не происходит, неисправность электромагнитного клапана рециркуляции ОГ (EGR).

Код P0403: неисправность системы PC (EGR). Возможные причины – обрыв или замыкание в цепи управляющего клапана, плохой контакт в разъеме, некорректное подсоединение вакуумных магистралей. Если клапан PC завис в открытом положении или поврежден (прогорел), то неисправность выразится в следующем: на холостом ходу работа будет крайне неустойчива, при нажатии на педаль газа обороты двигателя будут повышаться с большой задержкой и со звуком жесткого сгорания.

Упомянутые дефекты не определяют правильность работы системы PC по перепущенному количеству ОГ в камере сгорания. Так, попадание в канал системы PC отслоившегося куса нагара сопровождается тем, что в камеру сгорания будет перепущено меньшее количество ОГ. Блок управления фиксирует факт, что в камеру сгорания поступило такое же количество ОГ, которое должно быть перепущено через работоспособную систему PC при открытии клапана на 15 шагов шагового электродвигателя.

Предложенный метод определения коэффициента системы рециркуляции ОГ позволяет количественно определить величину перепуска ОГ. Разработан метод определения коэффициента наполнения и циклового наполнения с учетом коэффициента PC ОГ.

Требования экологического стандарта OBD-II и EOBD предполагают приоритетное определение неисправностей системы PC, отказ которой неизбежно приводит к повышению выброса ВВ и прежде всего оксидов азота.

Перепуск ОГ снижает содержание кислорода в рабочей смеси и температуру ее сгорания в цилиндрах двигателя. Величину перепуска ОГ уменьшают на 25 %. Система PC включается только в определенный период сгорания после холостого хода вплоть до максимального значения частоты вращения КВ (у дизелей до 3000 мин⁻¹ и при средней нагрузке).

Система PC ОГ, предназначенная для снижения оксидов азота, увеличивает общее наполнение цилиндров при остающемся постоянным количестве подаваемого свежего воздуха, повышает экологическую эффективность работы двигателя, снижает жесткую работу дизельного двигателя и детонацию в бензиновом двигателе.

Литература

1. Автомобильный справочник. Перевод с англ. – М.: За рулем, 2000. – 896 с.
2. **Ерохов В.И.** Проектирование и расчет расходомера воздуха электронных систем впрыскивания топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 6. – С. 20-27.
3. **Гальговский В.Р., Долецкий В.А., Малков Б.А.** Развитие нормативов ЕЭК ООН по экологии и форсированию высокоэффективного транспортного дизеля, ч. 1. – Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. тех. ун-та, 1995. – 171 с.

Водородные электрохимические системы для транспорта

С.А. Григорьев, начальник отдела НИЦ «Курчатовский институт», д.т.н.

Описаны области применения водородных электрохимических систем для производства альтернативных топлив, в том числе с утилизацией диоксида углерода. Рассмотрена концепция энергосистемы на основе возобновляемых источников энергии и электрохимических систем с водородным накопителем, включающая электромобиль.

Ключевые слова: электрохимическая система, твердый полимерный электролит, водород, возобновляемый источник энергии.

Применение альтернативных топлив на транспорте позволяет повысить КПД, экологичность и экономичность [1]. При этом определенную перспективу имеют силовые агрегаты на основе топливных элементов [2] – электрохимических систем, преобразующих химическую энергию топлива (водород, метанол и т.п.) в электрическую. Рассмотрим эти и другие возможные области использования электрохимических систем применительно к транспорту на альтернативных топливах.

Хорошо известен электрохимический процесс – твердополимерный электролиз воды (рис. 1а) [3], основным продуктом которого является высокочистый водород, в том числе под давлением до нескольких десятков мегапаскалей. Это позволяет заправлять системы хранения водорода в газообразном или химически связанном виде на борту автомобиля. При этом чистота водорода полностью соответствует требованиям, предъявляемым к чистоте водорода, используемого в качестве топлива в твердополимерных топливных элементах.

Разработки автомобилей на топливных элементах активно проводились и проводятся ведущими автомобилестроительными компаниями. Создан ряд прототипов автобусов, легковых автомобилей и других видов транспорта. Рост их промышленного производства ожидается и в дальнейшем.

Помимо транспортных средств на топливных элементах, электролизный водород может быть использован в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) как в чистом виде, так и в качестве добавки к основному топливу. В частности, при работе автомобильного ДВС на бензоводородных топливных композициях значительно повышается КПД двигателя, снижается токсичность отработавших газов (ОГ), то есть существенно улучшаются энергетические и

экологические показатели автомобиля [4]. Так, в условиях городской эксплуатации у автомобиля, работающего на бензоводородных топливных композициях, по сравнению с работающим на бензине топливная экономичность двигателя улучшалась на 20...25 %. При этом токсичность ОГ снижалась по CO в 20 раз, по CH в 2-3 раза и по NO_x в 4-5 раз. Помимо установки на заправочных станциях, возможно размещение электролизных установок непосредственно на борту автомобиля с последующим добавлением электролизного водорода к бензину.

Большой практический интерес представляет использование хитана (от англ. hythane) [5] – смеси природного газа и водорода (до 20 %). Как известно, метан (основной компонент природного газа) характеризуется относительно узким диапазоном воспламеняемости в смеси с воздухом. Добавление даже небольшого количества водорода значительно расширяет границы воспламеняемости и обеспечивает улучшение экономических и экологических

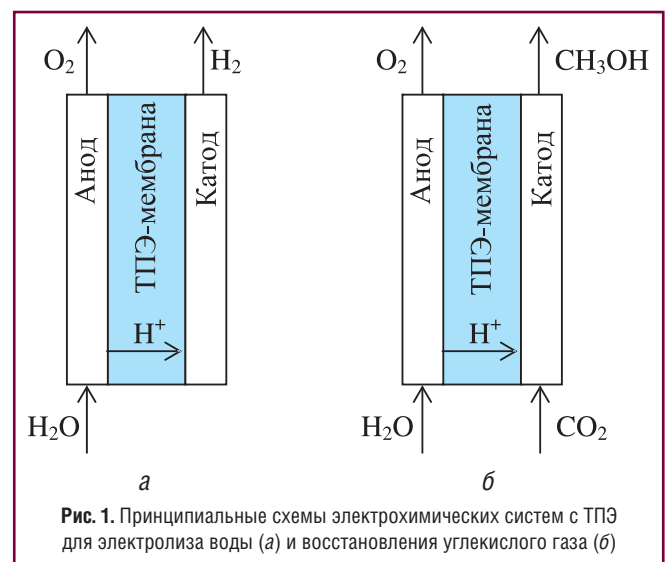
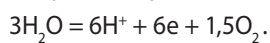


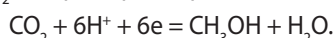
Рис. 1. Принципиальные схемы электрохимических систем с ТПЭ для электролиза воды (а) и восстановления углекислого газа (б)

характеристик ДВС [6, 7]. Для метана характерна низкая скорость распространения пламени, особенно в бедных топливоздушных смесях, в то время как для водорода эта скорость приблизительно в 8 раз выше. Молекулы метана достаточно устойчивы, и его иногда трудно поджечь, в то время как энергия искры зажигания водорода приблизительно в 25 раз меньше, чем метана. Наконец, метан зачастую затруднительно полностью сжечь в двигателе и катализировать в ОГ. Напротив, водород – сильный стимулятор горения, что ускоряет сгорание метана в двигателе, и сильный восстановитель, что обеспечивает эффективный катализ при более низких температурах выхлопных газов. Немаловажно, что если концентрация водорода в метане не превышает 10...20 %, то такая смесь может использоваться в традиционных ДВС без какой-либо их модернизации.

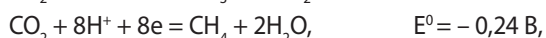
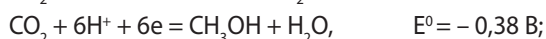
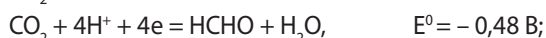
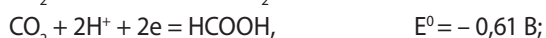
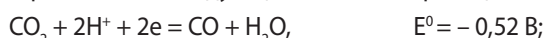
Как известно, содержание CO₂ в атмосфере выросло приблизительно на 30 % с 1960 г. [8, 9]. При этом доля транспорта в выбросах CO₂ составляет около 26 % [10]. Для утилизации CO₂ могут быть использованы электрохимические системы с твердым полимерным электролитом [11]. На анодном электроде (рис. 1б) происходит электрохимическая реакция разложения воды



На катодном электроде реализуется восстановление CO₂, например, с образованием метанола



В целом, электрохимическое восстановление CO₂ в системе с твердым полимерным электролитом (ТПЭ) может протекать по следующим основным реакциям:



где E⁰ – стандартный электродный потенциал данной реакции при pH=7 и T=25 °C.

Таким образом, электрохимическое восстановление CO₂ может происходить совместно с синтезом таких моторных топлив, как метанол, этанол, диметиловый эфир, метан, этан и пр.

В последние годы все большей популярностью пользуются так называемые «умные дома» (от англ. smart home). Термин «умный дом» обычно подразумевает интеграцию в единую систему систем отопления, вентиляции и кондиционирования, охранно-пожарной сигнализации, контроля доступа в помещения, протечек воды, утечек газа, видеонаблюдения, сетей связи, освещения,



Рис. 2. Концепция «умного дома» немецкой компании SMA Solar Technology AG (SMA Smart Home) [12]

электропитания и т.п. В ряде последних проектов «умных домов» в их систему интегрируется также электромобиль (рис. 2).

В ряде случаев концепция «умного дома» (включающего, кроме прочего, заправочный терминал для электротранспорта) предполагает его частичную или полную независимость от центральных электрических и тепловых сетей и использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в первую очередь, солнца, для энергоснабжения. Так, сегодня в Германии доля энергии, производимой солнечными фотопанелями (24 %), практически сравнялась с энергией атомных станций (25 %) и скоро ее превзойдет. К 2050 г. планируется полностью перейти на возобновляемую энергетику и целиком отказаться от атомной. В этом случае ключевую роль начинают играть системы аккумулирования энергии. Хорошо известно, что ВИЭ характеризуются непостоянством потоков энергии во времени. Для сглаживания неравномерности поступления энергии от ВИЭ за счет ее запасания могут применяться аккумуляторы на основе свинцовых, никелевых и литий-ионных батарей, ванадиевых редокс-аккумуляторов и пр.

НИЦ «Курчатовский институт» ведет разработку систем на основе ВИЭ, в том числе с водородными накопителями энергии. Созданы эффективные технические решения по использованию электрохимических водородных систем в локальных энергетических системах. Показано, что водородные электрохимические системы позволяют эффективно осуществлять прямое и обратное преобразования электрической энергии в химическую, а применение водородного накопителя позволяет запасать значительные количества энергии и сглаживать как суточную, так и сезонную неравномерность ее поступления от ВИЭ. Немаловажными преимуществами таких систем являются отсутствие саморазряда,

модульная архитектура, обратимость процесса и большое число циклов заряда–разряда. Примечательно, что с ростом емкости хранения падает удельная стоимость системы, так как для запасаания дополнительной энергии требуется только дополнительный объем для хранения водорода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт № 14.516.11.0044).

Литература

1. **Ramesohl S., Merten F.** Energy system aspects of hydrogen as an alternative fuel in transport // *Energy Policy*. – 2006. – № 34. – P. 1251-1259.
2. **Козлов С.И., Фатеев В.Н.** Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы / Под ред. Е.П. Велихова. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.
3. **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. – С. 62-69.
4. **Раменский А.Ю., Шелищ П.Б., Нефедкин С.И., Машкин В.Ф.** Применение водорода на городском автомобильном транспорте // *Водородный всеобуч*. – 2006. – № 3. – С. 27.
5. <http://hythane.net>
6. **Bauer C.G., Forest T.W.** Effect of hydrogen addition on the performance of methane-fueled vehicles. Part I: effect on S.I. engine performance // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2001. – № 26. – P. 55-70.
7. **Bauer C.G., Forest T.W.** Effect of hydrogen addition on the performance of methane-fueled vehicles. Part II: driving cycle simulations // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2001. – № 26. – P. 71-90.
8. **Корзун В.А.** Глобальное потепление – реальность или политизированный миф? – М.: ИМЭМО РАН, 2009. – 190 с.
9. **Ziska L.H.** Three-year field evaluation of early and late 20th century spring wheat cultivars to projected increases in atmospheric carbon dioxide // *Field Crops Research*. – 2008. – № 108. – P. 54-59.
10. **Chapman L.** Transport and climate change: a review // *Journal of Transport Geography*. – 2007. – № 15. – P. 354-367.
11. **Aeshala L.M., Rahman S.U., Verma A.** Effect of solid polymer electrolyte on electrochemical reduction of CO₂ // *Separation and Purification Technology*. – 2012. – № 94. – P. 131-137.
12. <http://www.sma.de/smarthome>

Мнение специалиста

Частник – главный потребитель КПГ

А.В. Денисенко, генеральный директор ООО «Авто Метан Групп»,

В.А. Мякинин, технический директор ООО «Авто Метан Групп»

В настоящее время правительством РФ принимаются решительные меры по увеличению реализации природного газа в качестве автомобильного моторного топлива на территории РФ в соответствии с перечнем поручений, которые дал президент РФ В.В. Путин по итогам совещания, состоявшегося 14 мая 2013 г. В связи с этим хотелось бы привлечь внимание к самому массовому потенциальному потребителю ГМТ – владельцам личного легкового автомобильного транспорта.

Например, в Воронеже насчитывается около 400 тыс. легковых автомобилей и только около 1,7 тыс. ед. пассажирского транспорта разного класса и разных форм собственности. Если принять пробег легковушки в день – 50 км с расходом бензина 8 л/100 км (городской режим), а пробег одного автобуса – 250 км с расходом дизельного топлива (ДТ) 32 л/100 км, то необходимый объем топлива для первых составит 1,6 млн л бензина, для вторых – 136 тыс. л ДТ. Таким образом, потребление топлива в день легковым транспортом в 11,7 раза больше пассажирского. Вот кто должен быть основным потребителем газомоторного топлива.

Важным моментом в пропагандистской компании одновременно

с рекламой о вводе в строй новых АГНКС и выгоде газомоторного топлива должны стать льготы, предоставленные владельцам легковых автомобилей. Например, в течение первого года – бесплатный перевод личного легкового автотранспорта. Финансировать это мероприятие, как и строительство АГНКС, должны основные продавцы природного газа – ОАО «Газпром» и ОАО «Роснефть». Необходимо построить центры по переоборудованию и техническому обслуживанию ТС, переводимых на газовое топливо, а также обучению специалистов, заранее закупить газобаллонное оборудование. Все эти мероприятия позволят создать нужный ажиотаж среди владельцев автотранспорта и дадут стартовый положительный эффект.

На наш взгляд, в перечень предпочтений для владельцев ТС, работающих на компримированном природном газе (КПГ), могут войти следующие:

1. Бесплатное переоборудование на КПГ личного легкового автотранспорта, используемого не в коммерческих целях (на такси и другие аналогичные авто, а также авто юридических лиц эта услуга не распространяется).

2. Бесплатная установка на автомобиль только одного газового баллона, обеспечивающего суточный пробег. Дополнительные баллоны устанавливаются за плату.

3. Заправка автомобиля КПГ на АГНКС любой формы собственности по установленной там цене.

4. Передача газового оборудования в безвозмездное пользование владельцу личного легкового автомобиля.

5. Для исключения повторного получения оборудования в собственность отметка об его установке делается в техпаспорте на автотранспортное средство.

Затраты ОАО «Газпром» и ОАО «Роснефть» на переоборудование ТС на КПГ окупаются за счет части прибыли, получаемой от продажи КПГ, а также за счет других потребителей, переоборудовавших или купивших авто с уже установленным газовым оборудованием на свои средства.

ООО «Газпром трансгаз Уфа»: увеличение потребления КПГ в городах с низкозагруженными АГНКС

Т.А. Бакиев, начальник НТЦ ООО «Газпром трансгаз Уфа»,

А.А. Бычков, начальник группы маркетинга и обслуживания АГНКС ИТЦ ООО «Газпром трансгаз УФА»

ООО «Газпром трансгаз Уфа» принимает активное участие в реализации стратегической политики ОАО «Газпром» по развитию рынка газомоторного топлива в регионах Российской Федерации. Мероприятиям по популяризации использования в Республике Башкортостан компримированного природного газа (КПГ) в двигателях внутреннего сгорания газотранспортное дочернее предприятие традиционно уделяет особое внимание.

В конце апреля по инициативе руководства Общества был проведен тематический семинар-совещание «Использование природного газа в качестве моторного топлива в г. Октябрьский. Планы. Перспективы». В рамках семинара обсуждались положительные и отрицательные аспекты использования метана автотранспортом, а также была организована выставка автомобилей, работающих на КПГ. Владельцы машин демонстрировали работу двигателей и делились своим опытом.

Организаторами мероприятия выступили ООО «Газпром трансгаз Уфа» и администрация г. Октябрьский, соорганизатором – министерство экологии и природопользования Республики Башкортостан.

Место проведения было выбрано не случайно. На сегодняшний день АГНКС-500, находящаяся в г. Октябрьский, наименее загружена среди 11 метановых заправок, эксплуатируемых ООО «Газпром трансгаз Уфа» в регионе. По итогам 2012 г. суммарная загрузка АГНКС по отношению к проектной мощности составила около 5 %.

Тем не менее за последние два года при поддержке местной мэрии

и благодаря активным действиям, предпринятым специалистами ООО «Газпром трансгаз Уфа», использование природного газа автомобильным транспортом в г. Октябрьский начало стремительно увеличиваться. Сегодня здесь эксплуатируется уже более 140 газобаллонных автотранспортных средств, тогда как в начале 2010 г. подобных машин в городе насчитывалось не более десятка. Реализация КПГ на данной АГНКС с 2010 г. выросла более чем в три раза.

В совещании приняли участие не только руководители муниципалитета, но и всех ключевых предприятий города, а также представители бизнес-сообщества. Были обсуждены вопросы, касающиеся общей ситуации по

газификации автомобильного транспорта, перспектив развития данного направления, а также принятия необходимых мер по увеличению объемов реализации газомоторного топлива.

Как отметил в своем вступительном слове первый заместитель главы администрации г. Октябрьский Алексей Шмелев, число автомобилей на территории города неуклонно увеличивается, что не может не отражаться на экологической ситуации. Поэтому развитие транспорта, работающего на метане, по его мнению, является весьма перспективным направлением.

В свою очередь заместитель генерального директора по производству



Заправка автотранспортных средств на АГНКС-1 (г. Октябрьский)

ООО «Газпром трансгаз Уфа» Василь Хакимов подчеркнул, что на местной АГНКС число заправок метаном сегодня составляет не более 50-55 в сутки, что весьма немного для города с населением более 100 тыс. чел. И это при том, что метан в три раза дешевле популярного бензина Аи-92. Василь Хакимов добавил, что использование природного газа в качестве топлива является единственным экологическим мероприятием, реализованным не на бумаге, а на практике, и имеющим столь высокую экономическую эффективность.

Впрочем, экономия – не самый главный аргумент в пользу метана. Интерес к этому топливу вызван также назревшими экологическими проблемами. За последние 20 лет «вклад» автотранспорта в загрязнение атмосферы вырос вдвое, жители городов буквально задыхаются от выбросов из выхлопных труб.

С учетом того, что нынешний год в Российской Федерации объявлен Годом охраны окружающей среды, особое место в программе совещания заняла тема экологических преимуществ использования газомоторного топлива, которую участникам осветил начальник территориального управления министерства экологии и природопользования Республики Башкортостан Артур Хайертдинов. По его словам, заметно оздоровить экологическую ситуацию может перевод автомобилей на природный газ – самый чистый из всех существующих видов топлива. Сажа и другие опасные канцерогенные примеси, образующиеся при сгорании жидкого топлива, при использовании в двигателях внутреннего сгорания метана отсутствуют полностью. Не случайно по экологичности показатели газовых двигателей в пять раз превосходят последние евростандарты, применяемые к дизелям. Этот факт был



Демонстрация газобаллонной техники

наглядно продемонстрирован после совещания с помощью полотняной салфетки. Поднесенная на некоторое время к выхлопной трубе метанового автомобиля, она осталась такой же белой, какой и была.

Начальник группы маркетинга и обслуживания АГНКС инженерно-технического центра ООО «Газпром трансгаз Уфа» Антон Бычков рассказал об опыте использования КПП в качестве моторного топлива в других городах Республики Башкортостан. По его словам, в Уфе и Стерлитамаке уже давно практически все городские автобусы, маршрутные такси, частные грузовые автомашины переоборудованы под метан, и при этом количество газобаллонной техники продолжает ежемесячно увеличиваться. Вслед за коммерческими и частными предприятиями на природный газ начали переходить муниципальные и бюджетные организации. Больше всего это заметно в Стерлитамаке и Мелеузе, где, например, весь санитарный автотранспорт еще в 2011 г. был переведен на природный газ. В столице республики крупнейший пассажирский перевозчик ГУП «Башавтотранс» запустил пилотный проект по эксплуатации газовых автобусов заводского исполнения производства концерна MAN.

В ближайшее время предпринимательскому сектору г. Октябрьский еще предстоит перенять этот опыт, однако, судя по заявлениям, прозвучавшим на семинаре-совещании от представителей бизнеса, уже на этапе развития этого сегмента рынка они успели оценить все экономические преимущества газомоторного топлива и активно включиться в данный проект.

Так, среди предприятий г. Октябрьский, наиболее активно использующих метан, стоит отметить ООО «Европласт». Генеральный директор компании Ирек Насибуллин ощутил выгоду и оценил эффективность использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на автомобилях своего предприятия. «Когда мы начали переоборудовать машины, – вспоминает руководитель предприятия, – больше всего сопротивлялись водители, доходило даже до порчи газового оборудования, а подоплека здесь одна – в отличие от бензина, газ в конце дня не перелъешь».

Среди негативных сторон использования газомоторного топлива можно отметить значительную массу баллона – в среднем 50 кг плюс 5-7 кг топлива. Но примерно столько же

весит и полный бак жидкого топлива. Кроме того, было отмечено, что баллоны занимают до 30 % пространства в багажнике. Но у кого этот отсек заполнен на 100 %? Освидетельствование и обслуживание газобаллонного оборудования на одну машину обходится в среднем до 1 тыс. руб./год. Эти затраты с лихвой покрывает экономия за счет дешевизны газа.

Как отметил Ирек Насибуллин, имеющий в своем автопарке более 70 ед. газомоторной техники, инвестиции, вложенные в переоборудование, уже многократно себя оправдали и продолжают приносить немалую прибыль. И таких примеров множество.

Подобные заявления не остались без внимания других участников и гостей совещания, которые в ходе обсуждения интересующих вопросов делали соответствующие выводы. Так, технический директор градообразующего предприятия ОАО «АК ОЗНА»

заявил о намерении перевести на использование КПГ 20 % автопарка организации. Представителями ряда крупных предприятий города рассматривалась возможность создания собственных пунктов по переоборудованию автотранспорта на газобаллонное оборудование и его сервисному обслуживанию.

Уже после семинара-совещания в ходе осмотра газобаллонной техники высказали желание начать работы по переводу ведомственного автопарка на газ представители руководства компаний ОАО «Октябрьские электрические сети» и Октябрьскгаз – филиал ОАО «Газ-сервис».

В настоящее время специалистами ООО «Газпром трансгаз Уфа» оказывается методическая и консультационная помощь вышеуказанным предприятиям по вопросам подбора газотопливной аппаратуры и переоборудования автотранспортных средств.

Можно с уверенностью сказать, что проведение подобных мероприятий является связующей нитью в консолидации интересов с одной стороны государственных и муниципальных органов власти, для которых вопрос сохранения окружающей среды за счет снижения токсичности выбросов от автомобильного транспорта – один из первоочередных, и с другой стороны бизнес-сообщества, которое данный проект привлекает своей высокой экономической эффективностью.

В планах на текущий год ООО «Газпром трансгаз Уфа» предусмотрена организация проведения в подобном формате аналогичного совещания еще в одном перспективном с точки зрения развития газомоторного направления городе Республики Башкортостан – Салавате, где данный проект также должен найти свою поддержку со стороны местной администрации.

БАЛСИТИ

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

РЕКЛАМА



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

ПРОДУКЦИЯ

АВТОМОБИЛЬНЫЕ БАЛЛОНЫ ДЛЯ СУГ:

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

ГАЗГОЛЬДЕР 480 л



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».

В России появятся новые современные модели газовых автомобилей

В мае председатель совета директоров ОАО «Газпром», генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Виктор Зубков и руководители ряда крупных производителей и дистрибьюторов автомобильной техники – ОАО «КАМАЗ», ООО «Волгабас», ООО «МАН Трак энд Бас РУС», ООО «Ивеко Россия» и ООО «СТОПК» – подписали соглашения о сотрудничестве.

Согласно документам, основными целями сотрудничества сторон являются создание и внедрение газомоторных транспортных средств различных классов, а также формирование благоприятных условий для развития российского рынка газомоторного топлива. Совместную работу планируется развивать по целому ряду направлений. Стороны будут участвовать в разработке и реализации программ создания, испытаний и внедрения газомоторной техники, в частности, организуют работы по НИОКР.

Поставки газомоторной техники будут согласовываться с программой строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. Скоординированно будет создаваться инфраструктура по сервисному обслуживанию этих автомобилей. Также будет организовано взаимодействие с потребителями для устранения их замечаний.

Стороны создадут систему профессиональной подготовки и переподготовки инженерно-технического персонала, необходимого для управления газомоторной техникой и ее обслуживания. Кроме того, будут разрабатываться предложения для региональных и федеральных органов законодательной и исполнительной власти по формированию благоприятных условий для масштабного внедрения газомоторной техники.

При строительстве газомоторной инфраструктуры Газпром будет учитывать места сосредоточения автомобилей, работающих на природном газе, а также содействовать

проведению испытаний новых образцов газомоторной техники.

Автопроизводители организуют выпуск транспортных средств, работающих на природном газе. Кроме того, производители и дистрибьюторы будут участвовать в адаптации производственно-технической базы предприятий, эксплуатирующих технику на природном газе.

«Сегодня мы подписали соглашения, благодаря которым в России появятся новые современные модели газовых автомобилей. Чем шире будет линейка таких автомобилей, чем более развитой будет сервисная и газозаправочная инфраструктура, тем быстрее они найдут своих

потребителей. Чтобы все это воплотилось в жизнь, мы по каждому соглашению разработаем конкретную программу мероприятий и будем тщательно следить за ее выполнением.

Расширение использования газомоторного топлива – важная государственная задача. Ее реализация позволит значительно снизить затраты на топливо в ключевых секторах экономики, уменьшить бюджетные расходы, создать новые рабочие места и, что особенно важно, существенно улучшить экологическую обстановку в крупных городах», – сказал Виктор Зубков.

**Управление информации
ОАО «Газпром»**

СПРАВКА:

ОАО «КАМАЗ» – крупнейшая автомобильная корпорация в России. КАМАЗ включает в себя более 150 организаций, расположенных в РФ, СНГ и дальнем зарубежье, в том числе 12 крупных заводов автомобильного производства. В настоящее время компания реализует программу по разработке и выпуску автомобилей на газомоторном топливе. На сегодняшний день КАМАЗ является единственным российским автопроизводителем, разработавшим собственный газовый двигатель. В 2012 г. предприятие выпустило и продало 300 газовых автомобилей, в текущем году компания планирует увеличить этот показатель до 1000 ед.

ООО «Волгабас» разрабатывает и производит полный спектр автобусной техники: автобусы малого и среднего классов, пригородные, междугородные и туристические, а также модели специального назначения для перевозки школьников, людей с ограниченными возможностями, спортивных команд и т.д.

ООО «МАН Трак энд Бас РУС» является одним из ведущих производителей грузовой коммерческой техники. Компания выпускает целый ряд автомобилей: грузовые легкого и среднего ряда, а также для перевозки особо тяжелых грузов, городские и междугородные автобусы.

ООО «Ивеко Россия» занимается продажей широкой гаммы коммерческих автомобилей Iveco, обеспечивает их послепродажное обслуживание. Партнерская сеть компании в России насчитывает 48 официальных дилеров.

ООО «СТОПК» – дистрибьютор китайской компании Zhengzhou Yutong Bus – крупнейшего в мире производителя автобусов. В настоящее время ООО «СТОПК» представляет широкий модельный ряд автобусов для городских, пригородных и междугородных перевозок.

Эффективная перекачка сжиженного углеводородного газа

Применение пропан-бутановых смесей – одно из направлений в развитии топливно-энергетического комплекса. В свете недавних решений правительства сжиженный углеводородный газ (СУГ) открывает хорошие перспективы для уверенного роста доли транспорта, использующего газомоторное топливо, а также его расширенного применения в ЖКХ.

Технологический фундамент для этого более чем достаточен. Ряд фирм весьма активно работает на рынке оборудования для СУГ, предлагая современные эффективные решения. В их числе – немецкая компания Flussiggas Anlagen GmbH (FAS), хорошо известная в России по работе с ведущими нефтегазовыми компаниями, и американская Corken Inc, Unit of IDEX Corporation, ведущий мировой производитель насосно-компрессорного оборудования. Заключенное в марте 2012 г. кооперационное соглашение о совместной деятельности на территории РФ в сегменте производства и поставок нефтегазового оборудования позволило представить на российском рынке новейшие технологические решения. Оборудование, выпускаемое консорциумом, предназначено для работы с промышленными и техническими газами более 80 видов.

Поставляемые насосные и компрессорные агрегаты FAS-Corken производятся в соответствии с техническими регламентами, действующими на территории Российской Федерации. Гарантийное и послегарантийное обслуживание осуществляется квалифицированным персоналом сервисного центра FAS-Россия и специализированных региональных дистрибьюторских центров. Агрегатирование насосов и компрессоров производится на заводе фирмы FAS в Зальцгиттере (Германия). Все поставляемое оборудование имеет разрешения органов технического надзора РФ, Казахстана, Украины и Белоруссии.

С точки зрения соотношения цена–производительность к числу

оптимальных относятся шибберные насосы. Высокая всасывающая способность делает их наиболее подходящими для перекачки продуктов (промышленные жидкости и нефтепродукты, а также агрессивные жидкости, например, растворители для тяжелых нефтей, высоковязких жидкостей и абразивных шламов, биотоплива и т.д.) при максимальном рабочем давлении 1,2 МПа, а также для очистки линий транспортировки.

Пластины в шибберных насосах свободно скользят в пазах ротора. При частоте вращения до 1200 мин⁻¹ возникает центробежная сила, жидкость под давлением поступает в насосную камеру, полностью ее заполняя, и затем – к всасывающему отверстию. Перекачка осуществляется до полной выгрузки продукта из подающей линии, что считается промышленным стандартом более века.

Наряду с шибберными насосами для перекачки СУГ используются также насосы динамического типа – центробежные и вихревые. Их работа основана на силовом взаимодействии вращающихся лопастей с обтекающей жидкостью, в результате чего жидкости передается энергия, и совершается работа по ее перемещению. В рабочем колесе центробежного насоса используют лопасти, образующие каналы, направленные от оси насоса к его периферии. По ним жидкость под действием центробежных сил выбрасывается в неподвижный периферийный канал для ее плавного отвода от колеса и направления в напорный расширяющийся патрубок. Здесь скорость жидкости

снижается, а давление увеличивается. Вследствие движения жидкости от оси к периферии колеса у входа в него создается область пониженного давления, и возникает постоянный ток жидкости из приемного патрубка к рабочему колесу.

Практика показывает, что шибберные насосы экономичнее, компактнее и легче динамических. Они менее чувствительны к изменениям рабочего давления, дешевле в обслуживании и ремонте, лучше проявляют себя в условиях эксплуатации на кипящих жидкостях, которые нередко характеризуются возникновением кавитации.

Оптимизировать операции по перегрузке сжиженного газа также можно с помощью компрессоров возвратно-поступательного типа. На такте впуска компрессор втягивает пар и понижает давление в принимаемой емкости. Повышенное давление в цистерне и пониженное в резервуаре создают перепад давления, что существенно облегчает подачу жидкой фазы, в результате жидкость перекачивается быстро, без превышения столба жидкости над всасывающим насосом и возникновения кавитации. Для эффективного ведения процесса необходимо поддерживать перепад давления между резервуарами в пределах 0,15...0,30 МПа.

Также компрессоры успешно применяются для операций (только с паровой фазой) с такими техническими газами, как пропан, бутан, безводный аммиак, диоксид углерода, хладагенты, диоксид серы, хлор, винилхлорид, природный газ, азот и др. Наиболее мощные модели могут



обеспечить производительность до 2500 л/мин.

Потребляемая мощность компрессоров превосходит мощность насосов в 2-3 раза, поэтому компрессорная технологическая схема характеризуется повышенным расходом электроэнергии. Вследствие достаточно больших тепловых потерь эффективность использования компрессоров для слива и налива сжиженных газов снижается с ростом металлоемкости газохранилища и протяженности трубопроводов. К недостаткам указанной технологической схемы следует также отнести и невозможность ее применения в районах с суровыми климатическими условиями, так как упругость паров пропан-бутана в резервуарах достигает почти атмосферного давления и отбор паров из них практически невозможен.

Существует несколько отличная схема перекачки сжиженных газов, в которой компрессор отсасывает пары жидкой фазы из сепаратора, в

результате чего в нем возникает пониженное по сравнению с опорожняемым резервуаром давление. За счет перепада давления СУГ из опорожняемого резервуара поступает в сепаратор, а паровая фаза компрессором по байпасной линии возвращается в опорожняемый резервуар. Сепаратор располагается таким образом, чтобы разность уровня жидкости в сепараторе и отметки оси насоса была достаточна для бескавитационной работы насоса. Из сепаратора насосом жидкая фаза подается в напорный трубопровод для наполнения резервуаров.

В районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, где преобладают низкие среднегодовые температуры, в зимний период упругость паров пропан-бутана в резервуарах меньше 0,15 МПа, в связи с чем напрямую отбирать пары из резервуаров базы хранения компрессором невозможно. Повышение давления в паровом пространстве опорожняемого резервуара достигается с по-

мощью испарителей объемного или проточного типа. В такой технологической схеме резервуары и испарители соединяются трубопроводами для жидкой и паровой фаз. Операции слива проходят следующим образом: пропан-бутаном наполняется один из объемных испарителей, отключается линия жидкой фазы от резервуаров, подается теплоноситель. Сжиженный газ в теплообменнике (объемный испаритель) подогревается, упругость паров повышается, и они подаются в опорожняемый резервуар, в котором создается повышенное давление, за счет чего и отбирается пропан-бутан.

Компрессорные агрегаты FAS-Corken предназначены для перекачки технологических газов широкого диапазона. Оборудование прекрасно зарекомендовало себя как производительное и высоконадежное в процессах, связанных с компрессией технологических газов в химической промышленности и нефтегазовой индустрии.

Насосные агрегаты

Solutions beyond products...

CORKEN

A Tradition of Excellence

Z2000

производительность – 220 л/мин •
максимальное дифференциальное давление – 1,03 МПа • максимальная потребляемая мощность – 7,5 кВт • лазерная центровка •
постоянное наличие на складе в Санкт-Петербурге • цена – 88 тыс. руб.

FD-150

производительность – 90 л/мин •
максимальное дифференциальное давление – 1,05 МПа • максимальная потребляемая мощность – 5,5 кВт •
лазерная центровка • постоянное наличие на складе в Санкт-Петербурге • цена – 75 тыс. руб.

Информация о полном спектре предложений насосных и компрессорных агрегатов и другого оборудования для сжиженного газа

(495) 647 0577 • (812) 335 4950 • 318 7580 • FAS@FAS.SU • WWW.FAS.SU
Skype: www.fas.su

FAS CORKEN XTK
Flüssiggas-Anlagen

Изготовление металлокомпозитных баллонов (второй этап)

С.П. Семенищев, генеральный директор ООО НПП «ВТГ», к.т.н.,

В.П. Глухов, главный технолог ООО НПП «ВТГ», к.т.н.,

П.П. Мерзляков, главный конструктор ООО НПП «ВТГ»,

О.В. Килина, директор по качеству ООО НПП «ВТГ»,

В.К. Попов, директор по производству ООО НПП «ВТГ»

Представлен второй этап технологии изготовления металлокомпозитных баллонов с использованием лайнеров из алюминиевого сплава. Рассмотрены некоторые особенности выполнения операций технологического процесса, отмечены недостатки и приведены рекомендации по совершенствованию технологии.

Материал, приведенный в статье, может быть полезен для специалистов, занимающихся изготовлением металлокомпозитных баллонов высокого давления, а также потенциальных инвесторов, желающих организовать новое производство таких баллонов.

Ключевые слова: металлокомпозитный баллон, технология, намотка, намоточная машина, ровинг, связующее, композит, подсушка, полимеризация, автофреттирование, гидравлические испытания, сборка и упаковка.

Лейнеры, полученные на первом этапе технологического процесса*, поступают на второй этап окончательного изготовления баллонов, который начинают с подготовки исходных материалов (ровинги и связующее) к выполнению операции намотки.

Для намотки композита на лайнеры используют ровинг из базальтовых комплексных нитей НРБ13-1200-КВ-02 по ТУ5952-001-13307094-04, а также стеклоровинг ЕС13-1200-350 по ТУ5952-002-83458713-2010. Бобины ровинга распаковывают непосредственно перед началом намотки, чтобы ровинг не насыщался влагой.

В качестве связующего используют Этал-245Б (ТУ2257-245-18826195-99). Перед намоткой компоненты связующего разогревают до температуры 55...60 °С и смешивают в определенной пропорции в специальной

установке с использованием лопастной мешалки. Количество приготовленного связующего определяют из расчета его полного использования в течение не более 3 ч.

Проводят 100%-ный контроль всех партий поставляемых ровингов и связующего по параметрам, представленным вместе с материалами в сертификатах качества.

Намотку на лайнер ровинга, пропитанного связующим, выполняют на двухшпиндельной намоточной машине модели 3НW2-2484 (США). Машину устанавливают в помещении с приточно-вытяжной вентиляцией с контролируемыми параметрами по влажности и температуре. Перед намоткой в горловины лайнеров вворачивают резьбовые фланцевые оправки, с помощью которых на машину намотки устанавливают два лайнера. Наружные поверхности лайнеров зашкурируют и обезжиривают ацетоном.

Бобины с ровингом устанавливают на шпулярик и регулируют усилие натяжения каждого жгута в пределах 30...50 Н. Жгуты ровинга протягивают

через фильеры и пропиточную ванночку, концы лент закрепляют на горловинах лайнеров.

Заполняют ванночку приготовленным связующим и подогревают связующее для поддержания его температуры в пределах 55...60 °С.

Намотку осуществляют по оригинальной программе для каждого типоразмера баллона, обеспечивающей выполнение всех требований конструкторской и технологической документации, предварительно отрегулировав степень пропитки ровинга связующим. В процессе намотки узелки закрепки ленты на горловинах лайнеров и узелки от связывания жгутов ровинга при их обрыве вырезают. Наплывы связующего на поверхностях баллонов удаляют скребком.

Последним кольцевым слоем стеклоровинга на цилиндрической части каждого баллона в месте, указанном в конструкторской документации, на диаметрально противоположных сторонах заматывают две этикетки. Наличие двух одинаковых этикеток на баллонах с их характеристиками

* Семенищев С.П., Глухов В.П., Мерзляков П.П., Килина О.В., Попов В.К. Технология изготовления металлокомпозитных баллонов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 3 (33). – С. 19-21.

создает удобства для пользователей баллонов.

После намотки связующее подсушивают на многоместной специализированной машине при температуре 60...70 °С до образования твердой корочки на наружной поверхности баллонов. На машине в процессе подсушки баллоны вращаются с небольшой скоростью. После выполнения этой операции допускается хранение баллонов перед полимеризацией не более 5 сут. Это создает условия для накопления определенного числа баллонов для загрузки их в печь полимеризации.

Полимеризацию композита на баллонах проводят в камерной печи при подаче в рабочее пространство горячего воздуха. Печь сделана во взрыво- и пожаробезопасном исполнении. Баллоны загружают в печь партиями, размещают на стойках реечного типа с помощью оправок, ввернутых в горловины, и устанавливают на определенном расстоянии от дна печи.

Для уточнения режимов работы печи проведены эксперименты. Для этого в композитную оболочку толщиной 22 мм серийного баллона устанавливали термопары на различной глубине от поверхности и проводили полимеризацию. Фиксировали изменения температуры во времени в композите и в печи.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- нагрев композита по толщине происходит неравномерно;
- для равномерного нагрева композита необходимо проводить ступенчатый нагрев с выдержкой по времени на каждой ступени, как и рекомендовано производителем связующего;
- имеются несовпадения между показаниями температур в печи и в композите, а именно – рекомендуемая максимальная температура в

композите на первой ступени 110 °С достигается при температуре в печи 115 °С, на второй ступени 140 °С достигается при температуре в печи 150 °С.

Длительность полимеризации 6...7 ч соответствует рекомендациям производителя связующего. В печи график полимеризации композита выполняется и записывается в автоматическом режиме. После окончания полимеризации баллоны охлаждают вместе с печью до 50 °С и далее на воздухе.

После извлечения баллонов из печи технологические оправки удаляют из горловин. Поверхности баллонов при необходимости зачищают от наплывов связующего и пузырей. Места зачистки протирают салфеткой, смоченной в ацетоне, и покрывают глянцевым быстросохнущим нитролаком.

Взвешиванием определяют массу каждого баллона.

Для обеспечения необходимой циклической долговечности все баллоны подвергают автофреттированию, в результате чего за счет пластической деформации лайнера в нем создаются сжимающие напряжения и в композите растягивающие напряжения при нулевом внутреннем давлении.

Автофреттирование проводят на специальном испытательном стенде, полностью заполняя баллон водой и помещая на подвеске в контейнер, заполненный водой. Баллон нагружают давлением, величина которого приведена в технологической документации, но не менее $1,575 p_{\text{раб}}$ ($p_{\text{раб}}$ – рабочее давление). Скорость повышения давления не более 1,0 МПа/с, выдержка при давлении автофреттирования не менее 3 мин.

После автофреттирования на этом же стенде каждый баллон нагружают пробным давлением $p_{\text{пр}} = 1,5 p_{\text{раб}}$. Требования к скорости повышения давления и времени выдержки при

пробном давлении такие же, как и при автофреттировании.

С помощью специального устройства во время испытания фиксируют полную объемную деформацию баллона $V_{\text{пр}}$ при пробном давлении и остаточную V_0 при нулевом давлении. Баллон считают годным, если $V_0/V_{\text{пр}} \leq 0,05$.

При взвешивании баллона по разнице масс наполненного водой и пустого определяют его вместимость в литрах. После слива воды из баллона его продувают сжатым воздухом для удаления остатков влаги.

Далее проводят окончательный контроль готового баллона. Проверяют визуально на соответствие требованиям конструкторской документации:

- маркировку на баллоне;
- качество внутренних и наружных поверхностей;
- качество резьб;
- наличие посторонних предметов внутри баллона.

Инструментальным контролем проверяют:

- размеры баллона;
- точность изготовления резьб.

Проверяют правильность и полноту заполнения технологического паспорта.

Каждую партию баллонов числом не более 200 шт. защищают гидравлическими испытаниями на разрушение и циклическую долговечность баллонов, выборочно отобранных из партии. Испытания проводят при нормальных климатических условиях по ГОСТ15150–85.

Испытание на разрушение проводят в бронебоксе. Баллон, полностью заполненный водой, помещают горизонтально на дно специальной ванны с водой. Уровень воды в ванне устанавливают такой, чтобы баллон был полностью покрыт водой. Ванна и находящаяся в ней среда в значительной мере поглощают энергию,

выделяющуюся при разрушении баллона. Баллон плавно нагружают давлением до 80 % расчетного давления разрушения со скоростью не более 1,4 МПа/с, далее со скоростью не более 0,35 МПа/с. При достижении расчетного давления разрушения выдерживают не менее 5 с, затем давление поднимают до разрушения баллона.

Испытание проводят с записью диаграммы нагружения баллона давлением. Баллон считается выдержавшим испытание, если его разрушение произошло при давлении не менее $2,6 p_{\text{раб}}$ без отделения осколков металла и композита. Фактическое давление и характер разрушения приводят в протоколе испытаний. При неудовлетворительных результатах испытание повторяют на удвоенном числе баллонов из партии. При получении неудовлетворительных результатов при повторных испытаниях хотя бы одного баллона всю партию бракуют.

Испытание на циклическую долговечность проводят на специальном стенде для циклических испытаний. Баллон, полностью заполненный водой, помещают на подвеске в камеру стенда и нагружают циклическими давлениями от минимального до максимального, величины которых приведены в технологической документации, с темпом не более 10 циклов в минуту.

При испытании записывают диаграмму нагружений баллона, а также контролируют температуру его нагрева. Она должна быть более 50 °С.

Результаты испытания считают удовлетворительными, если после циклических нагружений давлением с числом циклов, указанным в технологической документации, в баллоне не обнаружена течь. При неудовлетворительном результате проводят повторные испытания на удвоенном числе баллонов из партии. При неудовлетворительных результатах

повторных испытаний любого баллона всю партию бракуют.

Годные баллоны направляют на сборку и упаковку.

При сборке в одну из горловин вворачивают резьбовую пробку с резиновым кольцом, предварительно нанеся на них смазку ЦИАТИМ-202. В другой горловине отверстие закрывают полиэтиленовой заглушкой.

При поставке баллона по требованию заказчика с переходником в горловину вместо полиэтиленовой заглушки вворачивают переходник с резиновым кольцом, а заглушку используют для закрытия отверстия в переходнике. Затяжку пробки и переходника по резьбе горловин проводят динамометрическим ключом до упора с моментом, величина которого приведена в конструкторской документации и паспорте на баллон.

На каждый баллон заполняют паспорт, совмещенный с инструкцией по эксплуатации.

Для упаковки баллона используют полипропиленовый рукав. Баллон с закрепленным на цилиндрической поверхности полиэтиленовым пакетом с паспортом вкладывают в полипропиленовый рукав, края рукава заматывают клейкой лентой. На баллон в упаковке с двух сторон устанавливают транспортировочные резиновые кольца. На упаковку маркером наносят обозначение баллона, номера баллона и партии, массу баллона.

Упакованные баллоны транспортируют на склад готовой продукции. Технологический паспорт сдают в архив на хранение в течение срока эксплуатации баллона, приведенного в паспорте.

Рассмотренная технология изготовления металлокомпозитных баллонов реализована на одном из предприятий г. Ижевска.

Анализ технологического процесса показывает, что используемая технология сложная и трудоемкая.

Поэтому получаемые изделия достаточно дорогие.

Для совершенствования этой технологии, по нашему мнению, необходимо следующее.

- При использовании высококачественных труб, обеспечивающих выполнение требований конструкторской документации на лейнеры, исключить на этапе изготовления лейнеров такие трудоемкие операции как зачистка, омыливание, калибровка с раскаткой. Отказ от калибровки с раскаткой позволит избежать технологических отходов с последующей их отрезкой перед закаткой днищ.

- Минимизировать число проходов закатного ролика за счет интенсификации процесса нагрева концевых частей заготовки на машине закатки, а также самого процесса закатки днищ.

- Модернизировать закалочный агрегат за счет уменьшения массы кассеты (принудительное погружение кассеты с лейнерами в закалочную среду), что позволит снизить расход электроэнергии на нагрев при операции закалки лейнеров.

- Для повышения производительности при намотке использовать более совершенные намоточные машины, выполняющие всю программу намотки в автоматическом режиме без вмешательства оператора.

- Совершенствовать конструкцию баллонов и технологии их изготовления с гарантированным достижением повышенных сроков циклической долговечности, что может значительно уменьшить объем циклических испытаний в защиту партий баллонов. При соответствующих показателях циклической долговечности возможно проведение одного испытания для пяти и даже десяти партий баллонов (ГОСТ Р ИСО 11439–2010).

Реализация отмеченных направлений позволит снизить трудоемкость изготовления и, следовательно, стоимость баллонов.

Автомобильные системы впрыска газа

В издательстве «Третий Рим» в серии «Мастер-класс» вышло в свет учебное пособие «Автомобильные системы впрыска газа. Устройство, установка, эксплуатация» (М.: Третий Рим, 2013. – 104 с.: ил. ISBN 978-5-91770-341-1), предназначенное для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (автомобильный транспорт)» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования». Книга может быть рекомендована при обучении и работе специалистов по установке и эксплуатации газобаллонного оборудования автомобилей, а также для водителей.

Автор – ведущий специалист в области технической эксплуатации транспортных средств, работающих на альтернативном топливе, кандидат технических наук, профессор Ю.В. Панов.

Учебное пособие посвящено важнейшему направлению внедрения альтернативных топлив – переводу на газообразные углеводородные топлива автомобилей с инжекторными бензиновыми двигателями. В нем рассматриваются процессы, связанные с переводом на газовое топливо отечественных и зарубежных автомобилей с инжекторными бензиновыми двигателями. На примерах газобаллонного оборудования с системами впрыска газа четвертого поколения ведущих зарубежных фирм изложены принципы устройства и работы, описаны технология и оборудование для его установки, показаны основные этапы обслуживания и ремонта. В издании подробно описана работа с прикладным программным обеспечением, предназначенным для настройки и диагностики газовых электронных систем управления.

В работе обобщены разработанные за последние годы рядом производителей ГБО материалы и документация по данному направлению. Большой интерес представляет изложение технологических этапов монтажа систем впрыска газа на микроавтобусе Газель ГАЗ-3221.

Выход в свет учебного пособия «Автомобильные системы впрыска газа. Устройство, установка, эксплуатация» (ISBN 978-5-91770-341-1) был приурочен к 80-летию Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) и 75-летию кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и сервис».



Расчетное исследование процесса сгорания и характеристик дизельного двигателя и HCCI-двигателя

В.Г. Камалтдинов, доцент Южно-Уральского государственного университета (Челябинск), к.т.н.,

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

Г.Д. Драгунов, профессор Южно-Уральского государственного университета (Челябинск), д.т.н.

Показаны преимущества рабочего цикла HCCI-двигателя. Представлена математическая модель процессов, протекающих в цилиндре двигателя внутреннего сгорания. Приведены результаты расчетных исследований процесса сгорания смеси 83 % природного газа и 27 % диметилового эфира.

Ключевые слова: дизельный двигатель, компрессионное воспламенение однородной смеси, дизельное топливо, природный газ, диметиловый эфир (ДМЭ).

В последние годы проводятся многочисленные исследования нового типа организации рабочего процесса, который получил название HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition – компрессионное воспламенение однородного заряда) [1, 2]. В двигателях с HCCI-процессом, как в дизелях, воспламенение происходит от сжатия смеси в цилиндре. HCCI-процесс подразумевает последовательное протекание реакций, которые приводят к тому, что сгорание охватывает одновременно весь объем заряда или, по крайней мере, значительную его часть, а не распространяется перемещающимся фронтом пламени. Основные положения физико-химической природы такого сгорания изложены в работе [3].

В результате исследований было установлено, что этот подход к организации воспламенения смеси, названный однородным сгоранием, вследствие значительно возросших возможностей по его управлению поз-

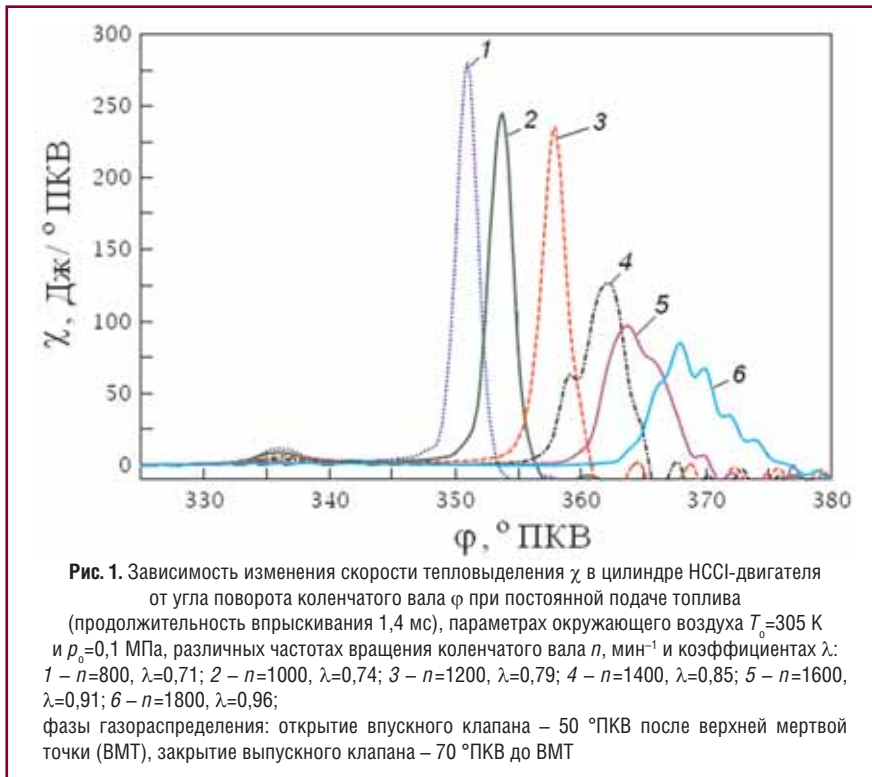
воляет улучшить стабильность и равномерность процесса. Кроме того, использование принципа гомогенного сгорания позволяет реализовать самовоспламенение топлив с низким цетановым числом (природный газ, метанол и др.) при существенно меньших степенях сжатия, необходимых для топлив с плохой воспламеняемостью. При реализации рабочего цикла HCCI могут быть существенно уменьшены выбросы с отработавшими газами (ОГ) наиболее значимых токсичных компонентов ОГ – оксидов азота NO_x [4-7]. В целом можно отметить, что HCCI-двигатели имеют ряд серьезных преимуществ, а именно:

- радикально низкое образование оксидов азота за счет низкотемпературного и полного сгорания топлива;
- значительную энергоэффективность, обеспечиваемую высоким КПД за счет одновременного выделения теплоты по всему объему камеры сгорания;
- использование экологически более чистых и дешевых

газообразных топлив (метан, природный газ, пропан и др.).

Благодаря названным преимуществам сжигание гомогенных смесей в двигателях с воспламенением от сжатия признано во всем мире перспективным направлением развития ДВС. В США, Европе и Азии интенсивно ведутся НИОКР, изготовлены и испытаны опытные образцы автомобилей с такими двигателями. Число публикаций по этой проблематике стремительно растет.

Специфика организации рабочего процесса в HCCI-двигателях определяется в зависимости от процессов воспламенения и сгорания сочетанием различных факторов, например, вида применяемого топлива, конструкции и теплового состояния двигателя, скоростного и нагрузочного режимов его работы и др. Температура самовоспламенения горючей смеси в определенный момент времени при определенном угле поворота коленчатого вала (ПКВ) достигается в результате сжатия. Для



различных топлив расчетно-теоретически и экспериментально установлено влияние на момент самовоспламенения состава смеси (коэффициент избытка воздуха α , подача топлива), температуры T_a и давления p_a топливно-воздушной смеси в начале сжатия, температуры огневой поверхности цилиндра, геометрической степени сжатия, угла закрытия впускных клапанов [4-7].

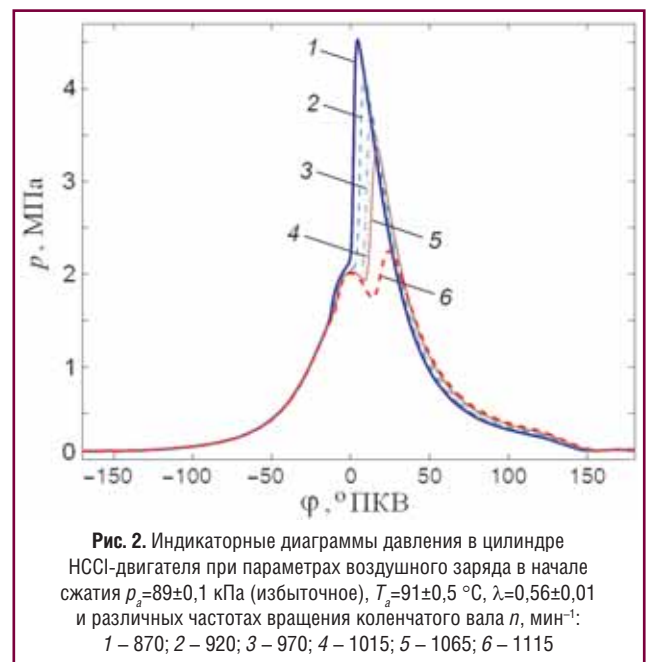
Результаты исследований позволяют моделировать рабочий процесс HCCI-двигателя при заданных конструктивных параметрах, различных тепловом и нагрузочном режимах. В то же время абсолютное большинство исследований выполнено при постоянных частотах n вращения коленчатого вала двигателя [8-12]. Это объясняется особым характером влияния фактора времени на воспламенение и сгорание, которое в распространенных моделях процесса

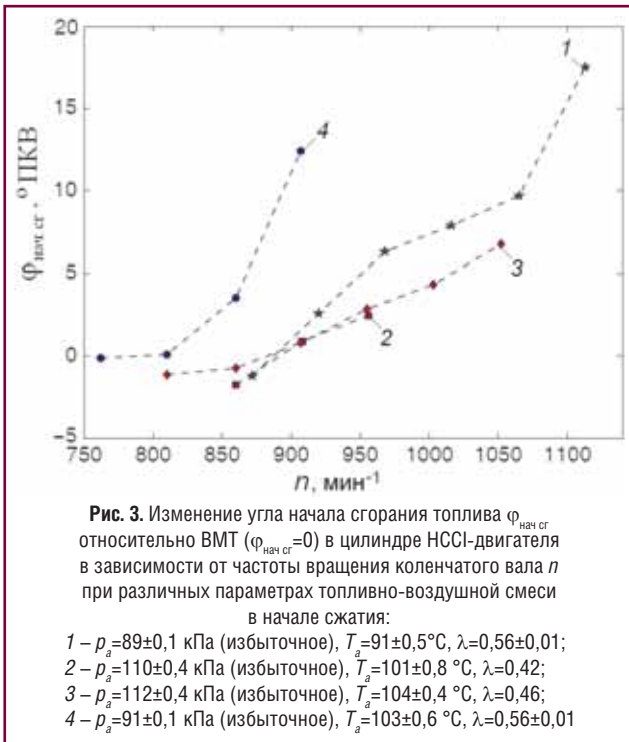
сгорания в явном виде не учитывается.

В реальных условиях работы HCCI-двигателя необходима корректировка момента воспламенения и скорости сгорания с учетом частоты вращения коленчатого вала. Это вызвано тем, что при увеличении n воспламенение и сгорание происходят с запаздыванием. Экспериментально установлено существенное смещение максимума скорости тепловыделения при постоянной подаче топлива и увеличении частоты вращения (рис. 1) [13]. Здесь состав топливно-воздушной смеси оценивался коэффициентом

$\lambda=1/\alpha$ (α – коэффициент избытка воздуха). Аналогичные результаты приведены в работе [14] (рис. 2). В соответствии с законами химической кинетики для развития процессов воспламенения необходимо определенное время. Однако при повышении частоты вращения продолжительность сжатия сокращается, и начало сгорания по углу поворота коленчатого вала происходит позже (рис. 3) [14]. Такое запаздывание сгорания может привести к существенному изменению индикаторных показателей рабочего цикла.

Целями данного исследования являлись определение влияния частоты вращения коленчатого вала на параметры сгорания и рабочего цикла в целом, а также обоснование возможности корректировки момента воспламенения и скорости сгорания топлива в HCCI-двигателе, конвертированном из дизеля 4С13/15 ООО «ЧТЗ-Уралтрак» и работающем на смесевом топливе (природный газ с диметиловым эфиром), для обеспечения максимальной эффективности





рабочего цикла при изменении частоты вращения коленчатого вала. Для достижения этих целей решались следующие задачи:

- расчетно-теоретическое определение изменения параметров сгорания и индикаторных показателей при изменении частоты вращения коленчатого вала на режимах внешней скоростной характеристики;
- расчетно-теоретический подбор оптимальной температуры начала сжатия, обеспечивающей наилучшие индикаторные показатели для каждого скоростного режима.

Исследование проводилось с использованием однозонной модели горения топлива [15, 16], разработанной на кафедре «Двигатели внутреннего сгорания» Южно-Уральского государственного университета. В этой модели процесс сгорания рассматривается как реакция окисления, подчиняющаяся закону Аррениуса, но с переменной энергией активации. Особенности модели

закончились в модели разработаны методика и программа расчета рабочего цикла НССІ-двигателя [18].

Поскольку в разработанной модели в явном виде учитывается фактор времени, то с ее помощью можно исследовать влияние температуры начала сжатия T_a на показатели рабочего цикла двигателя при изменении частоты вращения коленчатого вала в широких пределах. Наибольший интерес представляет определение влияния частоты вращения коленчатого вала на параметры процесса сгорания и рабочего цикла двигателя в целом на режимах внешней скоростной характеристики, а также корректировка характеристики тепловыделения изменением температуры начала сжатия.

В качестве постоянных исходных данных принимались следующие параметры: геометрическая степень сжатия $\epsilon=16$; давление начала сжатия

ния двухкомпонентного топлива в НССІ-двигателе выгорание с различными скоростями каждого компонента определяется параллельно по законам химической кинетики в условно отдельных объемах, но с одинаковыми давлением и температурами [4, 16]. Модель учитывает влияние на сгорание основных физико-химических свойств компонентов топливно-воздушной смеси (метан, диметилловый эфир, кислород, азот, аргон, оксид и диоксид углерода, вода), тепловыделения, теплообмена со стенками цилиндра, утечек рабочего тела [17] и изменения молекулярного состава. На основе этой

закончились в модели разработаны методика и программа расчета рабочего цикла НССІ-двигателя [18].

Поскольку в разработанной модели в явном виде учитывается фактор времени, то с ее помощью можно исследовать влияние температуры начала сжатия T_a на показатели рабочего цикла двигателя при изменении частоты вращения коленчатого вала в широких пределах. Наибольший интерес представляет определение влияния частоты вращения коленчатого вала на параметры процесса сгорания и рабочего цикла двигателя в целом на режимах внешней скоростной характеристики, а также корректировка характеристики тепловыделения изменением температуры начала сжатия.

В качестве постоянных исходных данных принимались следующие параметры: геометрическая степень сжатия $\epsilon=16$; давление начала сжатия

При моделировании сгорания

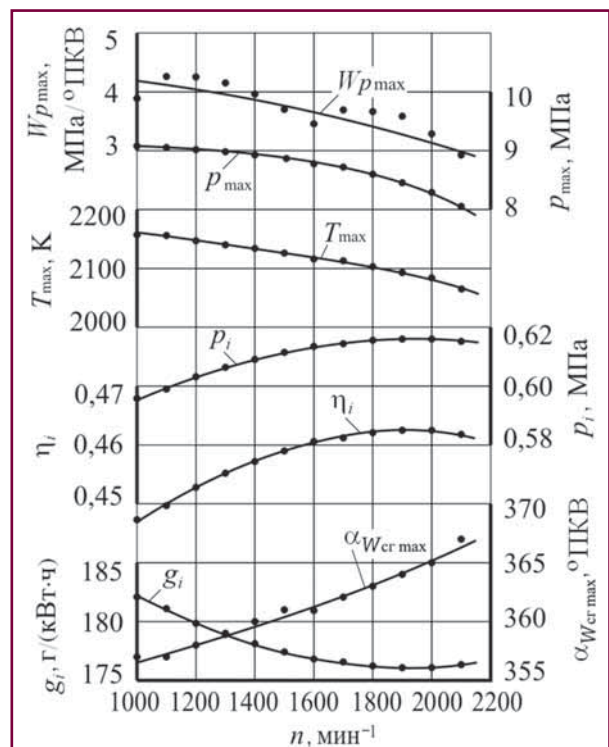


Рис. 4. Зависимость параметров рабочего цикла от частоты вращения коленчатого вала n при постоянной температуре начала сжатия $T_a=350$ К

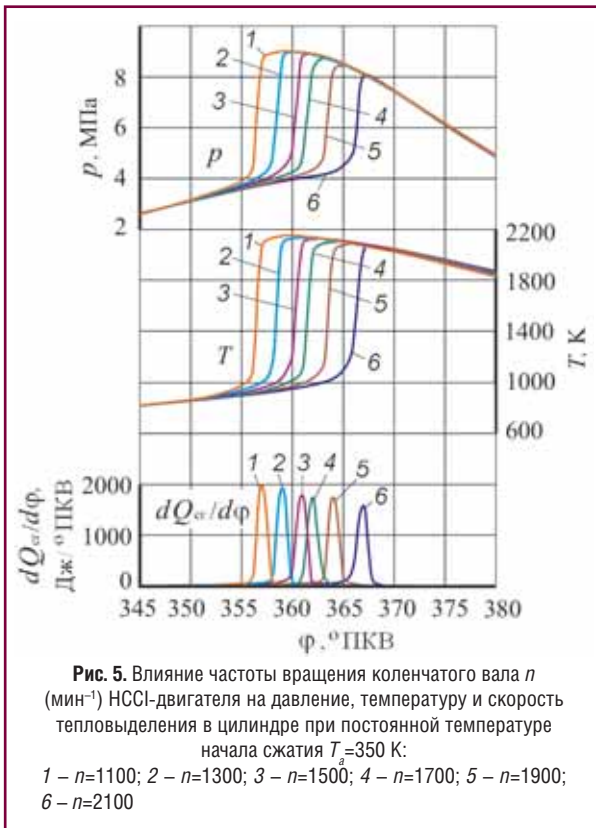


Рис. 5. Влияние частоты вращения коленчатого вала n (мин^{-1}) НССИ-двигателя на давление, температуру и скорость тепловыделения в цилиндре при постоянной температуре начала сжатия $T_a=350$ К:
 1 – $n=1100$; 2 – $n=1300$; 3 – $n=1500$; 4 – $n=1700$; 5 – $n=1900$; 6 – $n=2100$

$p_a=0,098$ МПа; смесевое топливо на основе природного газа с добавлением диметилового эфира в количестве, соответствующем массовой доле $\varphi_{\text{ДМЭ}}=0,27$; цикловая подача смесового топлива $6,0 \cdot 10^{-5}$ кг. В результате с изменением температуры на впуске автоматически менялся коэффициент избытка воздуха смеси $\alpha_{\text{см}}$ в диапазоне 2,0...2,17.

Для заданных конструктивных параметров НССИ-двигателя определена температура в начале сжатия $T_a=350$ К, при которой обеспечиваются наилучшие индикаторные показатели при $n=2100 \text{ мин}^{-1}$ [19]: среднее индикаторное давление $p_i=0,615$ МПа; индикаторный КПД $\eta_i=0,462$; удельный индикаторный расход топлива $g_i=176,3$ г/(кВт·ч). Максимальная скорость сгорания достигается при угле $\alpha_{\text{Wcr max}}=367$ °ПКВ (рис. 4).

По мере уменьшения частоты вращения коленчатого вала от

максимальной скорости сгорания $\alpha_{\text{Wcr max}}$ на сгорание начинается все раньше. При постоянной температуре $T_a=350$ К угол максимальной скорости сгорания изменился с 367 при $n=2100 \text{ мин}^{-1}$ до 357 °ПКВ при $n=1100 \text{ мин}^{-1}$ (рис. 5).

Характер процесса сгорания практически не изменился, но максимальная скорость тепловыделения $dQ_{\text{cr}}/d\varphi$ постепенно увеличивалась в диапазоне 1580...2000 Дж/°ПКВ (рис. 5). В результате максимальные давление p_{max} , температура T_{max} и скорость нарастания давления $W_{p \text{ max}}$ в цилиндре заметно увеличились: на 1,02 МПа (12,7 %), 92 К (4,5 %) и 1,2 МПа/°ПКВ (40 %) соответственно, а индикаторные показатели ухудшились примерно на 3 % (см. рис. 4).

Раннее начало сгорания устранялось снижением температуры начала сжатия. Для каждого скоростного режима расчетом подобрана оптимальная температура $T_{a \text{ опт}}$, обеспечивающая наилучшие индикаторные показатели рабочего цикла. При этом угол

максимальной скорости сгорания $\alpha_{\text{Wcr max}}$ находился на уровне около 367 °ПКВ. Вследствие снижения температуры начала сжатия (от 350 до 324 К) на режимах с меньшими частотами вращения коленчатого вала коэффициент избытка воздуха $\alpha_{\text{см}}$ увеличился с 2,0 ($n=2100 \text{ мин}^{-1}$) до 2,17 ($n=1000 \text{ мин}^{-1}$), то есть примерно на 8,5 %, а максимальная температура T_{max} снизилась на 178 К и составила 1979 К. При $T_a=350$ К эта температура была равна 2157 К (рис. 6). При уменьшении частоты вращения коленчатого вала двигателя до 1000 мин^{-1} в результате своевременного развития сгорания индикаторные показатели улучшились примерно на 2,2 %. Так, среднее индикаторное давление p_i возросло с 0,615 до 0,629 МПа, индикаторный КПД η_i увеличился от 0,462 до 0,472, удельный индикаторный расход топлива g_i снизился от 176,3 до

170,3 г/(кВт·ч). Среднее индикаторное давление p_i возросло с 0,615 до 0,629 МПа, индикаторный КПД η_i увеличился от 0,462 до 0,472, удельный индикаторный расход топлива g_i снизился от 176,3 до 170,3 г/(кВт·ч). Среднее индикаторное давление p_i возросло с 0,615 до 0,629 МПа, индикаторный КПД η_i увеличился от 0,462 до 0,472, удельный индикаторный расход топлива g_i снизился от 176,3 до 170,3 г/(кВт·ч).

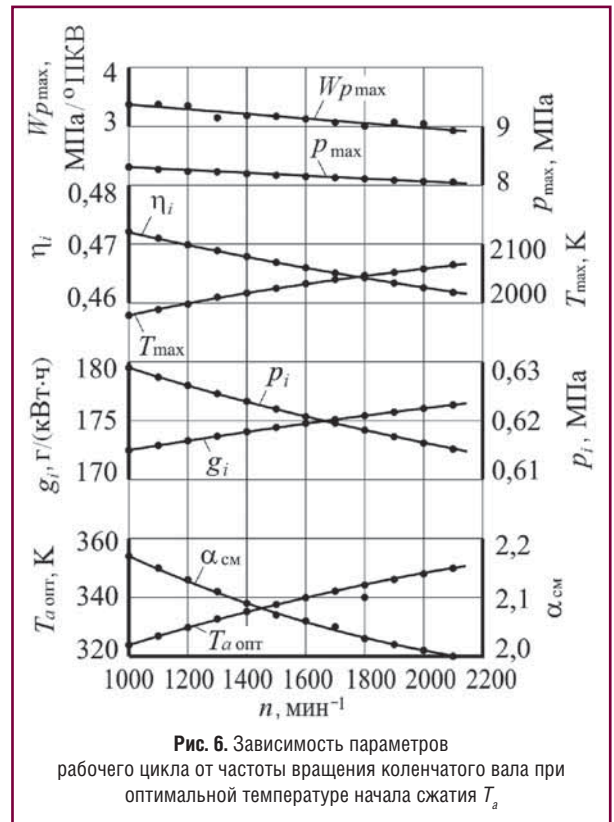


Рис. 6. Зависимость параметров рабочего цикла от частоты вращения коленчатого вала при оптимальной температуре начала сжатия T_a

172,5 г/(кВт·ч). Единственным отрицательным эффектом снижения частоты вращения коленчатого вала осталось повышение максимального давления в цилиндре и скорости его нарастания. Однако по сравнению с расчетами при постоянной температуре $T_a=350$ К это повышение стало значительно меньше. Например, при $n=1000$ мин⁻¹ максимальное давление p_{\max} снизилось от 9,08 до 8,31 МПа (на 8,5 %), а скорость нарастания давления $W_{p_{\max}}$ уменьшилась на 19 % (от 4,2 до 3,4 МПа/°ПКВ). Это способствует снижению механической нагрузки на кривошипно-шатунный механизм.

Результаты проведенных исследований подтверждают возможность реализации высокоэкономичного рабочего процесса HCCI-двигателей, превышающего эффективность рабочего процесса дизелей, а также радикального (в сотни раз по сравнению с традиционными ДВС) уменьшения выбросов оксидов азота NO_x и сажи за счет низкотемпературного и полного сгорания топлива. Известный недостаток HCCI-двигателей, заключающийся в повышенной эмиссии таких токсичных компонентов, как монооксид углерода CO и несгоревшие углеводороды СН, сравнительно легко устраняется, поскольку в этих двигателях могут быть эффективно использованы традиционные для бензиновых двигателей системы очистки отработавших газов. Следует также отметить совместимость HCCI-технологии со всеми имеющимися в продаже сортами бензина, а также с топливом E85 на базе этанола.

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.: Изд-во ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
2. **Ricklin P.U., Kazakov A., Dryer F.L. et al.** The Effects of NO_x Addition on the Auto Ignition Behavior of Natural Gas under HCCI Conditions // SAE Technical Paper Series. – 2002. – № 2002-01-1746. – P. 1-11.
3. **Blank D.A., Pouring A.A., Lu J.** Methanol Combustion in Low Compression Ratio D.I. Engines Enabled by Sonex Piston Design // SAE Technical Paper Series. – 2001. – № 2001-01-1197. – P. 1-10.
4. **Камалtdинов, В.Г.** Влияние состава двухкомпонентного топлива на процесс сгорания в двигателе с объемным самовоспламенением от сжатия / В.Г. Камалtdинов, Е.В. Абелиович // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2008. – Вып. 12. – № 23. – С. 46-53.
5. **Камалtdинов, В.Г.** Влияние параметров свежего заряда на показатели рабочего цикла HCCI двигателя с наддувом / В.Г. Камалtdинов, В.А. Марков // Изв. вузов. Серия «Машиностроение». – 2011. – № 6. – С. 31-37.
6. **Камалtdинов, В.Г.** Расчетное исследование процесса сгорания и показателей рабочего цикла HCCI двигателя, работающего на смеси природного газа и диметилового эфира / В.Г. Камалtdинов, В.А. Марков // АГЗК+АТ. – 2010. – № 6. – С. 8-15.
7. **Камалtdинов, В.Г.** Влияние геометрической степени сжатия и угла закрытия впускных клапанов на процесс сгорания и показатели рабочего цикла HCCI двигателя с наддувом / В.Г. Камалtdинов, В.А. Марков // АГЗК+АТ. – 2011. – № 2. – С. 9-16.
8. **Гусаков, С.В.** Оценка влияния ДМЭ в смеси с природным газом на работу ДВС с гомогенным самовоспламенением / С.В. Гусаков, М.М. Эльгобаши Эльхагар, И.В. Епифанов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 2. – С. 10-13.
9. **Гусаков, С.В.** Опыт моделирования рабочего процесса ДВС с воспламенением гомогенного заряда от сжатия / С.В. Гусаков, М. М. Эльгобаши Эльхагар // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». – 2004. – № 2. – С. 25-28.
10. **Федянов, Е.А.** Моделирование основной фазы процесса сгорания в двигателе с самовоспламенением от сжатия гомогенной метановоздушной смеси / Е.А. Федянов, Е.М. Иткис, В.Н. Кузьмин // Известия ВГТУ. – 2008. – Т. 6, № 1. – С. 11-13.
11. **Chen, Z.** Experimental study of CI natural-gas/DME homogeneous charge engine / Z. Chen, M. Konno, M. Oguma, T. Yanai // SAE Technical Paper Series. – 2000. – № 2000-01-0329. – 10 pp.
12. **Kong, S.C.** A study of natural gas/DME combustion in HCCI engines using CFD with detailed chemical kinetics / S.C. Kong // Fuel. – 2007. – 86. – P. 1483-1489.
13. **Luszcz, P.M.** Combustion Diagnostics in Homogeneous Charge Compression Ignition Optical and Thermal Single Cylinder Engines / P.M. Luszcz // University of Birmingham. – 2009. – 293 pp. – <http://theses.bham.ac.uk/524/1/Luszcz09PhD.pdf>
14. **Mahdi Shahbakhti, M.** Modeling and Experimental Study of an HCCI Engine for Combustion Timing Control / M. Shahbakhti // University of Alberta. – 2009. – 282 pp. – http://www.me.berkeley.edu/~mahdi/PhDThesis_Shahbakhti.pdf
15. **Камалtdинов, В.Г.** Новая модель процесса горения топлива в ДВС / В.Г. Камалtdинов // Двигателестроение. – 2008. – № 3. – С. 17-20.
16. **Kamaltdinov, V.** Combustion process modeling in HCCI engine / V. Kamaltdinov // SAE Technical Paper Series. – 2011. – № 2011-01-1789. – 10 pp.
17. **Камалtdинов, В.Г.** Уточненная методика расчета параметров рабочего тела на пусковых режимах дизеля / В.Г. Камалtdинов // Двигателестроение. – 2008. – № 2. – С. 31-34.
18. Свидетельство ФГУ ФИПС № 2010617228. Программа расчета рабочего цикла двигателя с воспламенением от сжатия «Рабочий цикл» / Камалtdинов В.Г.; выдано 29.10.2010 г.
19. **Камалtdинов, В.Г.** Управление рабочим процессом в HCCI двигателе / В.Г. Камалtdинов, С.С. Никифоров // Двигателестроение. – 2010. – № 3. – С. 3-9.

Расчет надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям

А.А. Евстифеев, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Проанализированы основные элементы системы снабжения потребителей газовым моторным топливом, сформулированы принципы размещения основных объектов инфраструктуры производства, транспортировки, хранения ГМТ и заправки им транспортных средств (ТС), предложены экономическая и производственная методики определения зоны обслуживания потребителей удаленными источниками газомоторного топлива. Приведен пример реализации модели в виде расчетного программного комплекса.

Ключевые слова: газовое моторное топливо, система снабжения потребителей газовым моторным топливом, математическое моделирование, программное обеспечение, прогнозная математическая модель, сжиженный природный газ (СПГ), компримированный природный газ (КПГ).

Эквивалентная математическая модель расчета надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям (рис. 1) представляет собой связный граф, содержащий элементы трех основных типов: источник газомоторного топлива; средства транспортировки и хранения; потребитель газомоторного топлива. Переходы между элементами графа указываются с их мощностью.

Источники (И1 и И2) – производственные объекты, представляющие собой элементы, обладающие исключительно исходящими потоками $Q_{И} = \{Q_{И1}, Q_{И2}\}$. Основные характеристики источников: фактические географические координаты; номенклатура производимого топлива; мощность по каждому виду топлива; режим работы; обеспеченность сырьем и пропускная способность дорожно-транспортной сети. Вопросы поставок исходного сырья на производственные объекты выходят за рамки модели.

Средства транспортировки и хранения (пункты заправки – ПЗ1, ПЗ2) – объекты промежуточного уровня. В

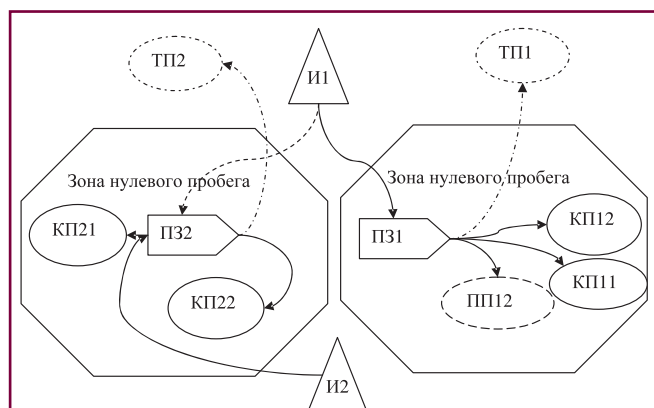


Рис. 1. Эквивалентная модель для расчета поставок газового моторного топлива потребителям:
И1, И2 – источники; ПЗ1, ПЗ2 – пункты заправки; КП_і – ключевой потребитель; ПП_і – прочий потребитель; ТП_і – транзитный потребитель

классической теории построения систем это можно было бы назвать очередью. У пунктов заправки возможно наличие нескольких входящих связей (поставки от различных источников) и минимум одна исходящая (поставки ключевым потребителям).

Потребитель газомоторного топлива (КП_і; ПП_і; ТП_і) – может иметь только входящие потоки, причем их должно быть не менее одного. Основные характеристики потребителя: средний объем одной заправки; средний пробег на одной заправке; число заправляемых транспортных средств; график заправки ТС.

При отсутствии у потребителя возможности заправки в зоне нулевого пробега можно с уверенностью сказать, что потребитель предпочтет использовать другое топливо для ТС.

Для оценки потребности в газомоторном топливе Q_{Σ} в соответствии с моделями [1–3] составляем уравнение баланса объема газомоторного топлива для каждого элемента в эквивалентной схеме населенного пункта

$$Q_{\Sigma} = Q_{ГМТ} + Q_{СТН},$$

где $Q_{ГМТ}$ – совокупная мощность потоков (поставка) газового моторного топлива на элемент схемы; $Q_{СТН}$ – совокупная потребность на собственные технологические нужды объекта и потери газа, связанные с погрешностями измерений, испарением и несовершенством технологического процесса.

Условие равновесия модели снабжения потребителей газовым моторным топливом может быть записано в виде

$$Q_{\Sigma} - (Q_{ГМТ} + Q_{СТН}) = 0.$$

Тенденцией развития и поставки современного оборудования для объектов производства, транспортировки, хранения и пунктов заправки является компоновка технологического оборудования в контейнерном исполнении со стандартным размером контейнера 6 или 12 м (20 или

40 футов). На практике это позволяет обеспечить быстрое развертывание и наращивание производственных мощностей путем добавления или замены одной или нескольких контейнерных секций. Вместе с этим резко сокращаются затраты на строительные-монтажные и пусконаладочные работы, поскольку собранные конструктивные единицы проверяются перед отправкой на заводе-изготовителе, консервируются с целью транспортировки и в смонтированном виде устанавливаются на заранее подготовленную площадку. Наличие широкого ряда установок различной мощности позволяет формировать инфраструктуру заправки с необходимой мощностью, что очень важно при выборе мест размещения и фактической производительности конкретных производственных объектов системы поставок газового моторного топлива потребителям.

Принцип формирования зоны обслуживания источниками заключается в следующем. Относительно предполагаемых мест размещения источников формируется область, обусловленная предельно допустимым рентабельным расстоянием доставки ГМТ. Многолетний опыт компаний, занимающихся поставкой газомоторного топлива потребителям, позволил выявить зависимость числа заказов потребителей от расстояния до источника жидкого топлива: 55 % общей численности заказов приходится на расстояние 10...150 км. Объем разовой поставки составляет 6...8 т жидкого моторного топлива (рис. 2).

Максимально возможный объем КПП одного передвижного автомобильного заправщика (ПАГЗ) составляет 5 тыс. нм³. Фактически потребителю будет доступно от 3250 нм³ при использовании ПАГЗа без дожимного компрессора и до 4600 нм³ – с дожимным компрессором. Опыт и статистика применения средств доставки показывают, что радиус зоны обслуживания источника ($R_{зoi}$) непосредственно связан с объемами разовых поставок, их стабильностью и наличием автобазы. Это формирует окончательный тариф на доставку и соответственно наценку на стоимость конечного топлива, поставляемого потребителю.



Рис. 2. Кривая изменения числа заказов N от расстояния доставки l

Для прогнозирования зоны обслуживания источника $R_{зoi}$ существуют несколько методик. Рассмотрим две из них.

1. Экономическая методика. В ее основе лежит расчет экономически целесообразного расстояния от источника до пункта заправки. Для центральных районов Российской Федерации наценка может составлять 1..4 % средней конечной стоимости топлива для потребителя, поэтому

$$R_{зoi} = m_n \left(\frac{S_d}{S_t} \right),$$

где m_n – коэффициент предельной наценки за доставку топлива; S_d – стоимость доставки топлива потребителю, руб./((нм³·км); S_t – стоимость топлива, руб./нм³.

Экономическую оценку наиболее подходящего транспортного средства и используемого при этом топлива в рамках данной работы проводили по методике «Определение границы экономической эффективности перехода на природный газ в качестве моторного топлива» [4].

При перевозке ПАГЗом 4 тыс. нм³ КПП с наценкой 4 % на конечную стоимость газового моторного топлива зона обслуживания источника $R_{зoi КПП} = 200$ км. Технологически рейс будет занимать около 1 сут: 5 ч ПАГЗ заполняется газом, 12 ч находится в пути при средней скорости 35 км/ч, 6 ч разгружается. Итого 23 ч, из которых 11 ч – простой.

При перевозке метановозами 4 тыс. нм³ СПГ с наценкой 4 % на конечную стоимость газового моторного топлива зона обслуживания источника $R_{зoi СПГ} = 450$ км. Рейс будет занимать около 1 сут: 1 ч – заполнение криогенной жидкостью, 20 ч – путь при средней скорости 45 км/ч, 1 ч – слив топлива в резервуар. Итого 22 ч, из которых только 2 ч – простой.

2. Производственная методика. В ее основе лежит хронометраж времени выполнения операций производственного цикла при транспортировке ГМТ потребителю. Продолжительность цикла транспортировки включает:

- время подготовки $t_{под}$ транспортного средства к выходу на линию – это время с момента прихода водителя на автотранспортное предприятие (АТП) до выезда заправленного и технически исправного транспортного средства за ворота АТП;
- время подачи t_n – интервал с момента выезда транспортного средства за ворота АТП до его прибытия на пункт выдачи газового моторного топлива на территории источника ГМТ;
- время загрузки и оформления сопроводительных документов на груз t_3 – интервал времени с момента прибытия ТС в пункт выдачи газового моторного топлива до момента выезда загруженного транспортного средства за ворота источника ГМТ;

- время движения – время в пути к пункту заправки или конечному потребителю $t_{д1}$ и обратно $t_{д2}$;
- время разгрузки или время слива t_c – время с момента прибытия в пункт заправки или к конечному потребителю до момента выезда с пункта заправки после полной или частичной разгрузки;
- время сдачи автомобиля $t_{са}$ – интервал времени с момента прибытия транспортного средства в АПТ до выхода водителя с его территории;
- время технического перерыва $t_{тп}$ – интервал времени для отдыха водителя и перерывов на обед.

В самом простом случае при маршруте из одной точки в другую продолжительность рабочего дня определяется следующим уравнением:

$$T_{\text{раб}} \geq t_{\text{под}} + t_{\text{п}} + t_3 + t_{\text{д1}} + t_c + t_{\text{д2}} + t_{\text{са}}.$$

Если рабочая смена водителя транспортного средства $T_{\text{раб}} = 8$ ч, то радиус зоны обслуживания источника составит

$$R_{\text{зои}} = v_{\text{ср}} [T_{\text{раб}} - (t_{\text{под}} + t_{\text{п}} + t_3 + t_c + t_{\text{са}} + t_{\text{тп}})],$$

где $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения ТС при доставке с учетом массогабаритных ограничений и требований правил дорожного движения.

Проведенные расчеты показывают, что при самой оптимальной организации производственного процесса, когда заправка производится в полуприцепы без тягача, документы оформлены заранее, автотранспортное предприятие находится на расстоянии не более 10 км от источника ГМТ и с учетом необходимости вернуться и разгрузиться на месте, источник газового моторного топлива не может находиться на расстоянии более 3 ч пути. При средней скорости загруженного перевозчика в 35 км/ч $R_{\text{зои КПП}} = 105$ км.

Сформируем систему уравнений, описывающих инфраструктурный фрагмент, приведенный на рис. 1. Для источников получаем уравнение следующего вида:

$$Q_{\text{Иi}} = \int_0^{T_{\text{раб}}} Q(t) dt,$$

где $Q(t)$ – функция производства готовой продукции, принимающая значения

$$Q(t) = \begin{cases} Q_{\text{нр}} & \text{при } t \in (0, t_0) \\ 0 & \text{при } t = t_0 \end{cases}.$$

Здесь $Q_{\text{нр}}$ – номинальная мощность производства (источник); t_0 – момент остановки производства.

В рамках данной методики считается, что источник способен функционировать и производить готовую продукцию в виде газового моторного топлива в объеме, предусмотренном проектной документацией или общими техническими условиями на основное оборудование, все время за исключением периодов планово-предупредительных ремонтов и аварийных остановок.

Для мощности пунктов заправки получаем уравнения следующего вида:

$$Q_{\text{Пzi}} = (Q_e + \Delta Q_{\text{ц}}) - \int_{T_0}^{T_x} Q_3 P(t) dt,$$

где Q_e – вместимость стационарных емкостей для ГМТ, планируемых к установке на объекте заправки (при подключении объекта к газопроводу-отводу берется максимальный объем потребления, рассчитываемый исходя из запаса газа в трубе), нм^3 ; $\Delta Q_{\text{ц}}$ – вместимость дополнительных емкостей (передвижные цистерны, полуприцепы) для подключения, если это предусмотрено проектом на объекты заправки данного типа, нм^3 ; Q_3 – расчетный объем средней заправки ТС, взятый из анализа транспортного потока и протяженности пробега до соседних пунктов заправки, нм^3 ; $P(t)$ – функция плотности потока транспортных средств, приходящих на заправку; T_0 – момент окончания слива топлива в емкости для хранения; T_x – момент окончания разрешенного срока хранения топлива в емкости на пункте заправки.

Определим наиболее подходящие места для размещения объектов производства газового моторного топлива, а также пунктов заправки, проведем привязку ключевых потребителей к пунктам заправки и пунктов заправки к источникам ГМТ с учетом возможности альтернативных маршрутов поставки топлива.

Используя в качестве исходных данных географические координаты мест размещения и ключевых потребителей, формируем матрицу исходных данных, которая включает:

- координаты фактического места нахождения ключевых потребителей (x, y) ;
- численность транспортных средств по типам.

Получив массив, анализируем места скопления ключевых потребителей и наличие трасс федерального и регионального уровней, то есть места наиболее вероятного появления транзитных ТС. При большом числе автотранспортных предприятий и автобусных парков проводим поиск свободной площадки в радиусе зоны нулевого пробега (около 10 км от предприятия) желательно вблизи трассы.

Используем уравнения Кирхгофа для расчета систем снабжения газомоторным топливом. Система снабжения ГМТ представляется расчетной сетью, для которой следует задать:

- технические и технологические параметры расчетных объектов;
- граничные условия, включающие параметры заправки потребителями газа (объем потребления), параметры газовых потоков, поступающих в систему (расходы во всех входных узлах – источниках расчетной сети).

Задача моделирования процессов снабжения газомоторным топливом заключается в определении расходов по всем объектам с соблюдением технологических

ограничений (например, пропускная способность дорожного полотна), при этом во всех узлах расчетной сети должен обеспечиваться баланс объемов газа.

В результате решения задачи получаем режимно-технологические параметры (расход, температура, состав) по каждому объекту системы.

Введем следующие обозначения:

R – множество узлов сети (объекты);

U – множество дуг сети (переходы);

R_u – множество участков u сети;

i, j – номера начального и конечного узлов участка u сети, $i, j \in R_u$;

x_u – расход газа при стандартных условиях на участке дорожного полотна, которому в расчетной схеме соответствует участок u сети, $\text{нм}^3/\text{ч}$;

q_i, q_j – объем газа в начальной i -й и конечной j -й точках участка u сети, нм^3 ;

L_u – расчетная длина u -го участка сети, км ;

ρ_r, ρ_b – плотность газа и воздуха при стандартных условиях, $\text{кг}/\text{м}^3$;

p_a – атмосферное давление, равное 0,1013 МПа;

ν – кинематическая вязкость газа при стандартных условиях, $\text{м}^2/\text{с}$.

Топология системы снабжения газомоторным топливом задается ориентированным графом $G=(R,U)$. Направление поставки газа по отдельным участкам эквивалентной расчетной модели заранее не фиксируется, то есть при определенных условиях допускается переброска газомоторного топлива между пунктами заправки. Дуги ориентируются в направлении перемещения газа, которое заранее известно, – от источника к заправочному устройству автомобиля. Отрицательная величина объема поставки газа по дуге k ($Q_k < 0$) означает объем поставки газа величины $|Q_k|$ в направлении, противоположном ориентации дуги.

Формируем матрицу событий размерностью $m \times n$

$$\bar{A} = (a_{ij}) m n,$$

где m – число объектов (вершины); n – число переходов графа.

Затем формируем $(m-1)$ -мерный вектор \bar{Q} внешних притоков и отборов газа в узлах сети. Компонента $Q_i > 0$, если в вершине i расположен источник, и $Q_i \leq 0$, если – пункт распределения или транспортное средство.

Распределение расходов по дугам и объектам поставки в узлах сети определяется из системы уравнений (законы Кирхгофа). Первый закон Кирхгофа – это система уравнений материального баланса в каждом узле расчетной сети.

$$A\bar{x} = \bar{Q},$$

где A – подматрица \bar{A} размерности $(m-1) \times n$; \bar{x} – n -мерный вектор, в котором элемент x_u означает потребление по участку u .

Подматрица A получается из \bar{A} вычеркиванием произвольной строки, например, отвечающей узлу с заданным объемом газа.

В результате расчета получаем значения объемов потребления Q_i , предварительные точки рационального размещения объектов заправки $O(x, y)$ и их производительность M_i . После этого с применением средств позиционирования проводится окончательная привязка к местности с учетом красных линий, ограничений и обременений, принадлежности и собственности, подходящей для размещения объекта земельной территории. Также оформляются документы и выдаются задания на проектирование, согласование проектной документации и строительство заправочных пунктов.

Исходя из численности ТС, объема потребления и видов потребляемого заправочными пунктами и автотранспортными средствами топлива в зоне обслуживания, формируем перечень мест, подходящих для размещения объектов производства газомоторного топлива.

Граничными условиями для источников газомоторного топлива являются:

- радиус зоны обслуживания источника;
- наличие магистрального газопровода, газораспределительной станции или точки плановой врезки;
- наличие в балансе региона объема магистрального природного газа, предназначенного для использования в качестве ГМТ;
- стоимостные характеристики производственного процесса и исходного сырья.

Численность ключевых автотранспортных предприятий сильно различается – от единиц на периферии до десятков и сотен в крупных городах.

Перед применением расчетных моделей для крупных густонаселенных регионов или городов с численностью более 1 млн чел. следует провести декомпозицию расчетной схемы системы поставок газомоторного топлива потребителям, например, выполнить отдельно расчеты сетей муниципального и промышленного транспорта, транзитных ТС и объемов потребления сторонними потребителями (такси, частные предприятия и индивидуальные предприниматели). Этим приемом достигаются снижение размерности расчетных задач, сокращение времени расчета, наглядность результатов расчета, а также упрощается работа с расчетной сетью. В расчетах используются реализованные в виде программ для ЭВМ и баз данных математические алгоритмы.

Выполненные в течение последних лет в научно-исследовательских институтах ОАО «Газпром» [5–7] разработки программного обеспечения для автоматизации и мониторинга технологических процессов и экологических характеристик производственного оборудования показали необходимость формирования и постоянной актуализации тематических классификаторов задач [8], применения данных дистанционного зондирования Земли, а также космических снимков для получения наиболее качественных

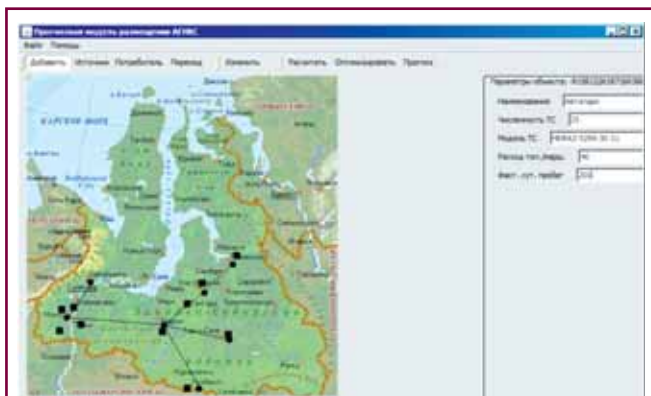


Рис. 3. Пример интерфейса программного комплекса «Автоматизированная расчетная модель выбора и размещения средств производства и заправки ГМТ»

картографических материалов с различными объектами инфраструктуры, такими как магистральные газопроводы, линии электропередач, дорожно-транспортная сеть [9].

Программный комплекс «Автоматизированная расчетная модель выбора и размещения средств производства и заправки ГМТ» (рис. 3), используемый в деятельности ООО «Газпром ВНИИГАЗ», позволил разработать программы производства и применения природного газа в качестве моторного топлива в городах Надым и Новый Уренгой.

Программы и базы данных, применяемые в ООО «Газпром ВНИИГАЗ», дают возможность динамического расширения перечней категорий и подкатегорий потребителей ГМТ, их ключевых показателей и правил поведения, включая сезонные колебания потребления в зависимости от метеорологических условий. Для этого применяется технология динамической загрузки исполняемого кода и данных для объектов модели, а для простоты проектирования и доступа к методам классов, описывающих объекты модели, – программные интерфейсы.

Получаемые в результате проектирования модели позволяют:

- рассчитывать показатели надежности инфраструктуры поставок ГМТ потребителям [10-15];
- формировать перспективные планы по расширению использования газомоторного топлива на транспорте;
- обеспечивать синхронизацию данных программ с планом поэтапного увеличения парка газобаллонных транспортных средств и спросом на природный газ в качестве моторного топлива;
- разрабатывать план оптимального размещения производственных мощностей и объектов инфраструктуры заправки;
- проводить расчеты надежности выбранных схем обеспечения потребителей ГМТ;
- предусматривать компенсирующие мероприятия по предотвращению рисков срыва процессов снабжения потребителей ГМТ.

Литература

1. **Евстифеев А.А.** Модель прогнозирования потребления газового моторного топлива в населенном пункте // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 4. – С. 22-26.
2. **Евстифеев А.А.** Математическая модель анализа потребности в КПГ и СПГ на вновь газифицируемых территориях // Газовая промышленность. – 2013. – № 1. – С. 87-89.
3. **Евстифеев А.А.** Модель оценки надежности газотранспортной системы города: сб. трудов. Научная сессия МИФИ 2008. – М.: изд-во МИФИ, 2008. – Т.13. – С. 12-18.
4. **Евстифеев А.А., Балашов М.Л.** Методика определения границы экономической эффективности перехода на природный газ в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 2. – С. 4-6.
5. **Евстифеев А.А.** Программный комплекс для анализа систем теплоснабжения предприятий ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2004. – № 5 – С. 23—35.
6. **Евстифеев А.А., Третьяков В.А.** Автоматизированная система оперативного информирования об остаточных запасах ГМТ на объектах заправки транспорта // Автоматизация и IT в НГК. – 2012. – № 4. – С. 14-18.
7. **Евстифеев А.А., Люгай С.В.** Анализ систем автоматизации нефтегазового комплекса, применимых для автомобильных газонаполнительных станций // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 6. – С. 22-26.
8. **Евстифеев А.А., Ильин Г.В., Лавров В.Н., Юрченко Б.А.** Классификатор тематических задач, решаемых с использованием данных дистанционного зондирования Земли при информационном обеспечении бизнес-процессов ОАО «Газпром», как инструмент планирования и координации работ // Наука и техника в газовой промышленности. – 2011. – № 2. – С. 56-59.
9. **Евстифеев А.А., Ильин Г.В., Лавров В.Н., Юрченко Б.А.** Основные понятия и особенности дешифрирования магистральных трубопроводов по космическим снимкам // Наука и техника в газовой промышленности. – 2011. – № 3. – С. 67-71.
10. **Евстифеев А.А.** Аналитическое моделирование безопасности и отказоустойчивости сложных технических систем. – М.: НИЯУ «МИФИ», 2010. – 252 с.
11. **Евстифеев А.А., Заева М.А., Хетагуров Я.А.** Применение математического моделирования при испытаниях и отработке системы // Научная сессия НИЯУ МИФИ-2011. – 2011. – Т. 3. – С. 106.
12. **Бецков А.В., Евстифеев А.А., Неронов В.Ф.** Методические основы эффективности применения технических средств безопасности // Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. – 2009. – № 11. – С. 98-103.
13. **Евстифеев А.А., Северцев Н.А.** Модели минимизации направленного ущерба транспортной системы при отсутствии информации // Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. – 2009. – № 11. – С. 137-145.
14. **Дедков В.К., Евстифеев А.А.** Методика оценивания надежности технической системы по результатам испытаний // Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. – 2010. – № 12. – С. 215-221.
15. **Евстифеев А.А., Заева М.А., Хетагуров Я.А.** Применение математического моделирования при испытаниях и отработке сложных технических систем // Вестник НИЯУ «МИФИ». – 2013. – Т. 2. – № 1. – С. 115–119.

Подача газового топлива при наддуве цилиндров двигателя с искровым зажиганием

В.А. Шишков,

преподаватель СГАУ им. академика С.П. Королёва, начальник технического отдела ООО «Рекар», к.т.н.

Приведены особенности цикловой подачи газа при наддуве цилиндров двигателя с искровым зажиганием. На основании расчетных исследований, проведенных автором, даны рекомендации по выбору параметров газовой системы подачи, величине наддува воздухом цилиндров, увеличению степени сжатия и изменению объема цилиндров для компенсации потерь мощности и крутящего момента при переоборудовании двигателя с бензина на газовое топливо.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, газобаллонное оборудование, впрыск газового топлива, наддув цилиндров, степень сжатия, искровое зажигание, мощность, крутящий момент.

При впрыске газа во впускной трубопровод (ВТ) и наддуве цилиндров дозирование топлива при его цикловой подаче с помощью электромагнитных форсунок имеет следующие особенности:

- увеличение диапазона изменения давления в ВТ от разрежения до избыточного над атмосферным давлением при изменении режима и нагрузки на двигатель [1] требует увеличения рабочего диапазона расходной характеристики газовой форсунки;
- улучшение продувки цилиндра в период одновременно открытых выпускного и впускного клапанов требует снижения выбросов газового топлива в выпускную систему двигателя;
- увеличение количества воздуха, поступившего в цилиндр за счет наддува, требует роста объема газового топлива для поддержания стехиометрического соотношения смеси [2];
- повышение давления воздуха во впускном трубопроводе ведет к увеличению давления впрыскиваемого газового топлива;
- определение места впрыска газового топлива – до компрессора, после компрессора или за теплообменником (интеркуллер) для охлаждения воздуха за компрессором.

Правильный подбор элементов ГБО к конкретному двигателю с наддувом цилиндров и впрыском газового топлива, а также к самому автомобилю является важной задачей с точки зрения выполнения современных требований по токсичности отработавших газов и ездовым качествам.

При наддуве цилиндров с помощью турбокомпрессора, компрессора с электрическим или механическим приводом необходимо различать два типа впрыска: во впускной трубопровод и непосредственный впрыск в камеру сгорания. При непосредственном впрыске со степенью сжатия до 12...14

при наддуве цилиндров происходит увеличение мощности и крутящего момента по сравнению с бензиновым ДВС с искровым зажиганием.

Надув при впрыске газа в ВТ также позволяет увеличить мощность и крутящий момент до уровня этих показателей при работе автомобиля на бензине. Увеличение диапазона изменения давления во впускном трубопроводе при наддуве цилиндров требует, во-первых, увеличения перепада давления газа на клапане форсунки в зависимости от режима работы двигателя, то есть увеличения давления газа в рампе перед форсунками, во-вторых, применения форсунок с широким рабочим диапазоном расходов. При этом рабочий диапазон расхода газового топлива через форсунку должен возрасти прямо пропорционально коэффициенту наддува цилиндров двигателя. Это необходимо для подбора форсунок для двигателя с наддувом цилиндров.

Давление газа в рампе форсунок должно увеличиться на величину не менее $(\xi-1)100$ кПа, то есть давление перед газовыми форсунками должно быть не менее

$$p_{\text{фн}} = p_{\text{ф}} + (\xi - 1)100,$$

где ξ – коэффициент наддува цилиндров; $p_{\text{фн}}$, $p_{\text{ф}}$ – давление газа перед форсунками соответственно для двигателя с наддувом цилиндров и без наддува цилиндров.

При этом перепад давления газа на клапане форсунки должен быть больше перепада для двигателя без наддува, что позволит увеличить расход газового топлива в соответствии с формулами дозвукового или звукового истечения [3]. Увеличение максимального расхода газового топлива необходимо выполнять пропорционально увеличению циклового расхода воздуха.

На токсичность отработавших газов по содержанию компонентов СН влияет время продувки цилиндров и наличие топлива в воздухе на впуске в них. Для снижения выбросов

углеводородов во время продувки цилиндров при сокращении продолжительности открытого состояния выпускного и впускного клапанов начало впрыска газа во впускной трубопровод должно быть совмещено с окончанием цикла продувки. Таким образом, цикловая подача газового топлива начинается после полного закрытия выпускного клапана и при открытом впускном клапане, что позволяет достичь минимальных выбросов углеводородного топлива в выпускную систему при продувке цилиндров.

При непосредственном впрыске газа в цилиндр начало импульса впрыска должно быть после закрытия впускного клапана, а завершиться впрыск должен за период сжатия топливоздушной смеси до момента зажигания [3]. Конец впрыска в этом случае зависит от угла опережения зажигания. Чем больше угол опережения зажигания, тем раньше должна завершиться цикловая подача газа в цилиндр при непосредственном впрыске.

Правильный выбор места впрыска газового топлива в ВТ позволяет оптимизировать систему с точки зрения энергетических затрат [3]. Если для охлаждения воздуха на впуске в цилиндр осуществлять впрыск до компрессора, то с одной стороны не требуется увеличения давления газа перед форсунками, с другой это приведет к увеличению общих энергетических затрат на подачу топливоздушной смеси. Эти затраты обусловлены потерей давления газового топлива при его расширении во время впрыска в ВТ и его повторным сжатием в компрессоре вместе с воздухом. Кроме этого, снижается безопасность работы компрессора для сжатия газозвушной смеси, так как его необходимо изготавливать во взрывозащищенном исполнении, увеличиваются габариты его проходных сечений (увеличение площади пропорционально объемному коэффициенту стехиометрии, выраженному в процентах, например, для метана на 9,53 %), а значит и массы компрессора и теплообменника для охлаждения воздуха.

Впрыск газа за компрессором не приводит к вышеназванным энергетическим потерям, и он более безопасен. Но в этом варианте требуется увеличение давления газового топлива перед форсунками, рабочего диапазона расходной характеристики газовой форсунки и проходных сечений теплообменника для охлаждения воздуха, что увеличивает его габариты и массу.

Впрыск газа за интеркуллером в непосредственной близости от впускных клапанов наиболее оптимален как по минимальным энергетическим затратам (сжатие воздуха без газового топлива и минимизация потерь при его расширении в ВТ), так и по безопасности (газовоздушная смесь сразу попадает в цилиндр и не образует взрывоопасной смеси в ВТ). При этом не увеличиваются габариты и масса компрессора и интеркуллера.

Использование сжиженных газовых топлив при криогенных температурах для питания ДВС дает дополнительные преимущества. Для этого криогенное газовое топливо перед подачей его в теплообменник-испаритель направляют в теплообменник для охлаждения воздуха за компрессором. При

значительном перепаде температур в теплообменнике между воздухом, поступающим в двигатель, и криогенным топливом достигаются высокая эффективность (высокий коэффициент теплопередачи, малые габариты и масса) теплообменника и увеличение объема цикловой подачи воздуха в цилиндр двигателя. Это, в свою очередь, увеличивает мощность и крутящий момент двигателя.

Какими должны быть величина наддува цилиндров и степень сжатия для компенсации потерь мощности и крутящего момента при переходе с бензина на газовое топливо? Для примера рассчитаем по [4] параметры двигателя объемом 1,8 л по внешней скоростной характеристике для степени сжатия $\epsilon=10,5$ при работе на бензине и природном газе с содержанием метана 99 % без наддува, а также для степеней сжатия $\epsilon=10,5$ и $\epsilon=12,5$ с коэффициентами наддува $\xi=1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5$ при работе на газе с подачей топлива во впускной трубопровод (рис. 1 и 2).

Для названных вариантов принят состав топливоздушной смеси: $\alpha=1$ для частоты вращения 800 и 3000 мин⁻¹, $\alpha=0,98$ для 5600 мин⁻¹, $\alpha=0,97$ для 6200 мин⁻¹. В данном расчете наддув начинался с частоты холостого хода, то есть от $n=800$ мин⁻¹. При отсутствии наддува на частотах вращения коленчатого вала ниже 3000 мин⁻¹ наблюдаются максимальные потери мощности от 11 до 13 % для двигателя с $\epsilon=10,5$ и от 5 до 9 % для двигателя с $\epsilon=12,5$. Относительное изменение крутящего момента аналогично в процентном выражении изменению мощности.

Как видно на рис. 1, мощность двигателя с $\epsilon=10,5$ при работе на газе становится идентичной мощности бензинового двигателя при коэффициенте наддува 1,15. Если $\xi>1,15$, то мощность при работе на газе становится выше, чем при работе на бензине.

Увеличение степени сжатия при работе на газовом топливе также приводит к увеличению мощности двигателя на всех режимах (см. рис. 2). При наличии наддува цилиндров мощность двигателя при работе на газе становится соизмеримой с мощностью при работе на бензине с коэффициентом

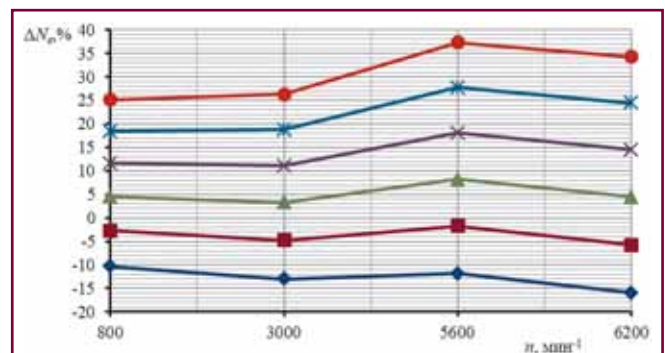


Рис. 1. Изменение мощности двигателя объемом 1,8 л с $\epsilon=10,5$ при работе на природном газе с содержанием метана 99 % в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и степени наддува ξ цилиндров воздухом по сравнению с этим же двигателем, работающим на бензине Аи-95 при одинаковом составе топливоздушной смеси

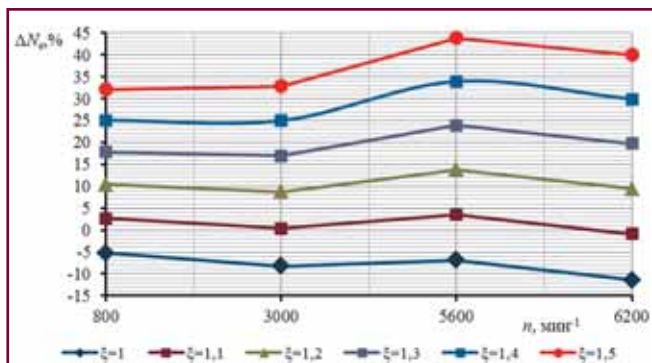


Рис. 2. Изменение мощности двигателя объемом 1,8 л с $\varepsilon=12,5$ при работе на природном газе с содержанием метана 99 % в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и степени наддува ξ цилиндров воздухом по сравнению с двигателем с $\varepsilon=10,5$, работающим на бензине Аи-95 при одинаковом составе топливовоздушной смеси

наддува около 1,1. При дальнейшем увеличении коэффициента наддува мощность начинает превосходить мощность бензинового двигателя.

Нелинейность кривых (см. рис. 1 и 2) в зависимости от частоты вращения коленчатого вала связана с изменением наполнения цилиндров топливовоздушной смесью, то есть зависит от коэффициентов наполнения, дозарядки и очистки цилиндров.

На рис. 3 и 4 приведены графики изменения абсолютных величин мощности и крутящего момента двигателя в зависимости от частоты вращения КВ с различными степенями сжатия воздуха и наддува цилиндров при переводе его на газовое топливо. Наддув цилиндров осуществляется, начиная с режима холостого хода и до режимов с максимальной частотой вращения КВ, что характерно при использовании компрессора с механическим или электроприводом. Если в качестве привода компрессора используется газовая турбина, то увеличение мощности и крутящего момента происходит, начиная с режимов, на которых включается наддув, обычно при $n=2000 \text{ мин}^{-1}$.

Необходимо помнить, что при увеличении коэффициента наддува и степени сжатия пропорционально растет давление в камере сгорания в процессе рабочего такта. Если бензиновый двигатель переоборудовать на газовое топливо без увеличения степени сжатия и введения наддува цилиндров воздухом, то давление в камере сгорания в рабочем такте снизится на 0,5...5%. При этом максимальное снижение давления в цилиндре реализуется в начале и конце рабочего такта. Это свидетельствует о снижении нагрузок на шатунно-поршневую группу, то есть двигатель при работе на газовом топливе работает мягче. Увеличение степени сжатия и коэффициента наддува цилиндров наоборот увеличит эти нагрузки при работе как на газе, так и на бензине. Двигатель при работе на газе будет иметь общий уровень давления в рабочем такте в камере сгорания ниже по сравнению с бензиновым вариантом.

Для нового двигателя с искровым зажиганием и наддувом изменение мощности и крутящего момента при переводе с

бензина на газовое топливо можно представить следующими зависимостями:

$$N_{e \text{ газ}} = N_{e \text{ бен}} \xi (1 - L_0/100) [1 + (\varepsilon_{\text{газ}} - \varepsilon_{\text{бен}})/40];$$

$$M_{e \text{ газ}} = M_{e \text{ бен}} \xi (1 - L_0/100) [1 + (\varepsilon_{\text{газ}} - \varepsilon_{\text{бен}})/40],$$

где $N_{e \text{ газ}}, N_{e \text{ бен}}$ – мощность при работе на газе и бензине; L_0 – объемный коэффициент стехиометрии; $\varepsilon_{\text{газ}}, \varepsilon_{\text{бен}}$ – степень сжатия при работе на газовом топливе и бензине; $M_{e \text{ газ}}, M_{e \text{ бен}}$ – крутящий момент при работе на газе и бензине.

Необходимо помнить, что на мощность и крутящий момент влияет также состав топливовоздушной смеси, который должен быть одинаков на одних и тех же режимах работы как на бензине, так и на газе. Кроме этого, влияет изношенность шатунно-поршневой группы, что увеличит погрешность вычисления по приведенным формулам.

Системы наддува усложняют конструкцию двигателя и его систем, что приводит к его удорожанию. При этом система наддува увеличивает количество циклового воздуха. Чем можно заменить наддув цилиндров? Увеличить количество циклового воздуха возможно с помощью системы увеличения объема цилиндра (увеличение диаметра и хода поршня). Диаметр поршня можно изменить только в процессе доработки (расточка цилиндров) двигателя, поэтому управлять этим параметром в процессе работы невозможно. Увеличение диаметра поршня наиболее целесообразно при полном переоборудовании двигателя с бензина на газ, то есть для однотопливного газового варианта. Второй параметр – это ход поршня. Изменяя ход поршня пропорционально коэффициенту наддува цилиндров, можно получить тот же эффект увеличения мощности и крутящего момента.

В настоящее время механизмы для переменного хода поршня применяют для изменения объема камеры сгорания и управления степенью сжатия топливовоздушной смеси. Механизмов для изменения объема цилиндров в диапазоне увеличения 1,05...1,5 пока не существует. Применение механизмов для изменения объема цилиндров позволит изменить степень сжатия и повысить надежность двигателя.

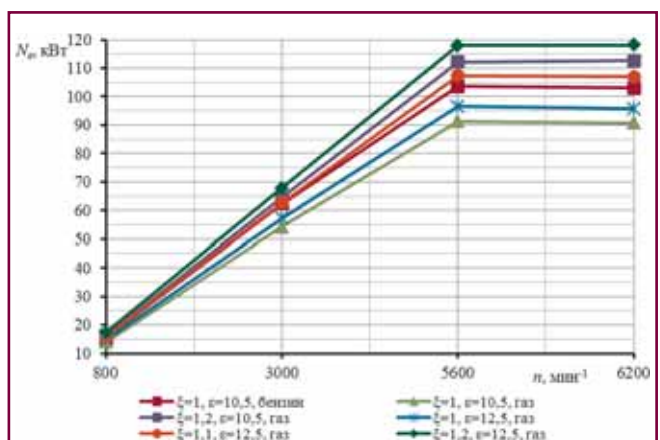


Рис. 3. Изменение мощности двигателя объемом 1,8 л с $\varepsilon=10,5$ и 12,5 при работе на бензине Аи-95 и природном газе с содержанием метана 99 % в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и степени наддува ξ цилиндров

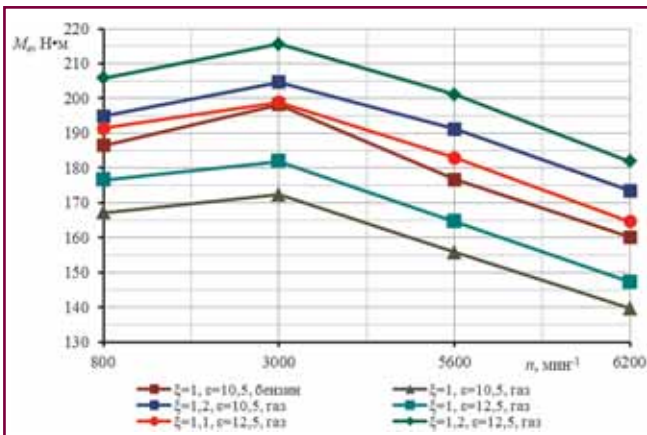


Рис. 4. Изменение крутящего момента двигателя объемом 1,8 л с $\varepsilon=10,5$ и $12,5$ при работе на бензине Аи-95 и природном газе с содержанием метана 99 % в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и степени наддува ξ цилиндров

Существующие газовые турбины для привода компрессора имеют малый срок службы (30...50 тыс. км) и высокую стоимость из-за применения жаропрочных материалов, сложности конструкции и технологии изготовления. Одними из недостатков системы увеличения объема цилиндров являются увеличение хода поршня или установка дополнительных поршней, что может вызвать повышенную вибрацию шатунно-поршневой группы. При этом требуются равенство масс всех шатунно-поршневых групп и точность балансировки при вращении, что усложняет конструкцию и увеличивает ее стоимость.

Приведем несколько вариантов системы с переменным объемом цилиндров для двухтопливных двигателей (бензин+газ).

- Использование гидравлического цилиндра высокого давления в качестве шатуна поршня позволяет изменять длину шатуна. В такте впуска длина шатуна уменьшается для увеличения объема топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндр, а в такте сжатия его длина увеличивается до рас-

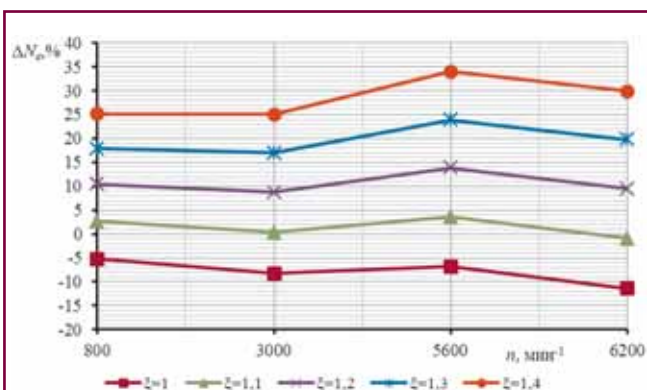


Рис. 5. Изменение мощности двигателя с $\varepsilon=10,5$ при работе на природном газе с содержанием метана 99 % в зависимости от частоты вращения КВ и относительной величины изменения хода поршня (объем цилиндров), равной степени наддува ξ цилиндров воздухом, по сравнению с этим же двигателем, работающим на бензине Аи-95 при одинаковом составе топливовоздушной смеси

четного значения. Для этого требуется гидравлическая система управления.

- Механическая рычажная система изменения хода поршня требует изменения положения коленчатого вала в процессе работы двигателя, что ухудшит вибрационные характеристики двигателя.
- Использование боковых дополнительных цилиндров, перпендикулярных к оси основного цилиндра для увеличения его объема, с приводом или от дополнительных распределительных валов, или от масляных гидроцилиндров, или от электропривода (шаговый электродвигатель или электромагнитный клапан).

На рис. 5 показано расчетное [4] влияние изменения объема цилиндров двигателя за счет изменения хода поршня на мощность в относительных величинах. Изменение хода поршня $S=\xi S_0$ соответствовало изменению коэффициента наддува цилиндров воздухом $\xi=1; 1,1; 1,2; 1,4$ при степени сжатия $\varepsilon=10,5$ и при работе на газе в сравнении с работой на бензине с подачей топлива во впускной трубопровод, где $S_0 = 76$ мм – исходное значение хода поршня.

Как видно из рис. 5, при увеличении хода поршня в 1,15 раза мощность двигателя при работе на газовом топливе становится одинаковой с мощностью при работе на бензине. При дальнейшем увеличении хода поршня (объем цилиндров) газовый двигатель превосходит бензиновый вариант как по мощности, так и по крутящему моменту. Влияние изменения хода поршня (объем цилиндров) при одинаковом его диаметре аналогично изменению степени наддува двигателя внутреннего сгорания. Выбор увеличения мощности и крутящего момента двигателя при его работе на газовом топливе остается за производителем автомобиля. Критерии выбора: с одной стороны надежность и ресурс, а с другой – снижение массы, при этом расход топлива для обоих вариантов одинаков, так как для соблюдения норм по токсичности отработавших газов топливовоздушная смесь имеет стехиометрический состав.

Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин [и др.]; под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.
2. **Шишков В.А.** Расчет элементов системы топливоподдачи поршневого двигателя внутреннего сгорания: методические указания к курсовой работе / В.А. Шишков // Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П.Королева. – Самара: Изд-во СГАУ, 2007. – 36 с.
3. **Шишков В.А.** Теория управления двигателем с искровым зажиганием при работе на газовом топливе / В.А. Шишков. – Самара: АНО «Издательство СНЦ РАН», 2012. – 312 с.
4. **Колчин А.И.** Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / А.И. Колчин, В.П. Демидов – М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.

Погрешности мониторинга расхода топлива по его уровню в баке транспортного средства

Д.А. Худяков, аспирант политехнического института Сибирского федерального университета,
И.М. Блянкинштейн, доцент политехнического института Сибирского федерального университета, к.т.н.

Приводятся результаты анализа погрешностей измерения расхода топлива системами мониторинга транспорта, обусловленных особенностями размещения датчика уровня топлива в баке транспортного средства. Рассматриваются варианты решения, обеспечивающие независимость контроля расхода топлива от размещения датчика. Выводы справедливы для транспортных средств, использующих как традиционные, так и альтернативные жидкие топлива.

Ключевые слова: система мониторинга расхода топлива, погрешности датчика уровня топлива в баке транспортного средства.

Анализ точности систем мониторинга расхода топлива, основанных на использовании сигнала штатного автомобильного датчика либо снимающих сигнал об уровне топлива с дополнительного специально монтируемого в штатный бак автотранспортного средства (АТС) датчика, свидетельствует о значительных колебаниях и разбросах этого важного эксплуатационного показателя.

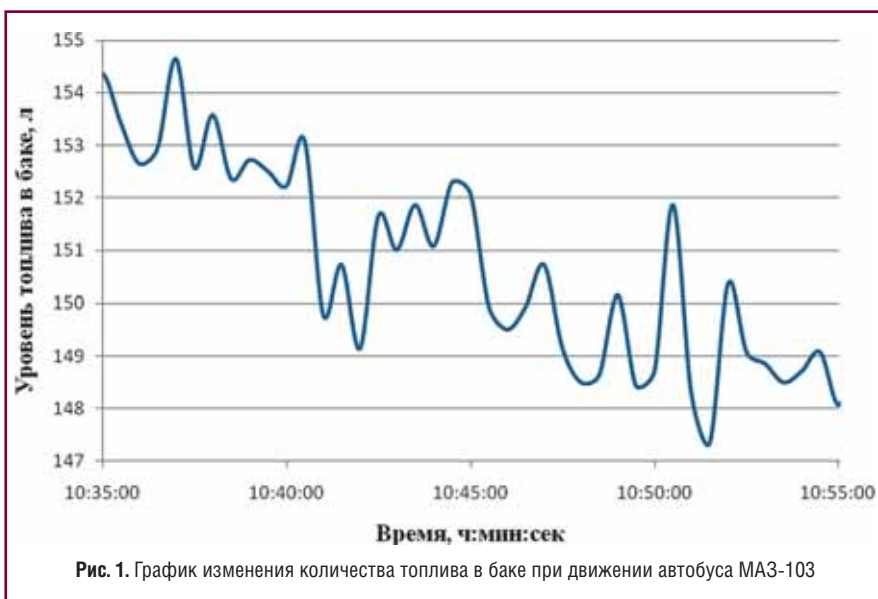
Был проведен мониторинг системой Omnicomm изменения количества топлива в баке при движении автобуса МА3-103 в течение 20 мин по маршруту в г. Красноярске. Данные регистрировались и передавались системой на сервер с периодичностью в 30 с (рис. 1). Было отмечено значительное колебание уровня топлива в баке (максимальное отклонение составляет 3,6 л). При этом автобус двигался по городу на участке дороги

с незначительными уклонами дорожного полотна.

Анализ принципов измерения уровня топлива в баке АТС

В условиях эксплуатации при движении АТС штатные датчики уровня топлива в баке позволяют лишь приблизительно оценивать его количество. Эти показания затруднительно использовать для вычисления расхода топлива АТС на выделенном участке движения.

Наибольшее распространение в силу простоты реализации получили штатные датчики уровня топлива поплавкового типа, основными элементами которых являются поплавки и резистор переменной величины. При изменении вертикального положения поплавка в результате подъема или опускания уровня жидкости изменяется выходное сопротивление датчика, которое формирует пропорциональный выходной аналоговый сигнал, соответствующий уровню жидкости. Такой штатный поплавковый датчик имеет



невысокую точность измерения при движении автомобиля, на его показания оказывает влияние характер движения АТС. В связи с этим показания необходимо фильтровать и усреднять, что также вносит дополнительную погрешность.

Конечная погрешность полученного результата может составлять до 15...20 %, а иногда и более. Поэтому в реальных условиях эксплуатации при движении измерить расхода топлива как изменение объема топлива в баке затруднительно. Измерить объем топлива в баке во время стоянки тоже достаточно проблематично, так как в этом случае на показания датчиков влияет уклон плоскости, на которой располагается транспортное средство.

Для получения более точных данных об изменении количества топлива в баке чаще используются дополнительные датчики уровня топлива. Такие датчики устанавливаются в баке и подключаются к регистратору системы мониторинга транспорта при ее монтаже на автомобиль. Существуют датчики двух типов: емкостные и ультразвуковые. В таких датчиках по сравнению со штатными поплавковыми датчиками отсутствуют движущиеся части, что повышает вероятность стабильной и надежной работы. Принцип действия емкостных датчиков уровня топлива основан на изменении электрической емкости между двумя концентрическими цилиндрами при изменении уровня жидкости, в которую они помещены. Принцип действия ультразвуковых датчиков основан на эффекте отражения ультразвуковой волны от границы раздела двух сред воздух-жидкость. Но, как показывает практика, заявляемая производителями погрешность 1...3 % для таких типов датчиков не всегда является таковой.

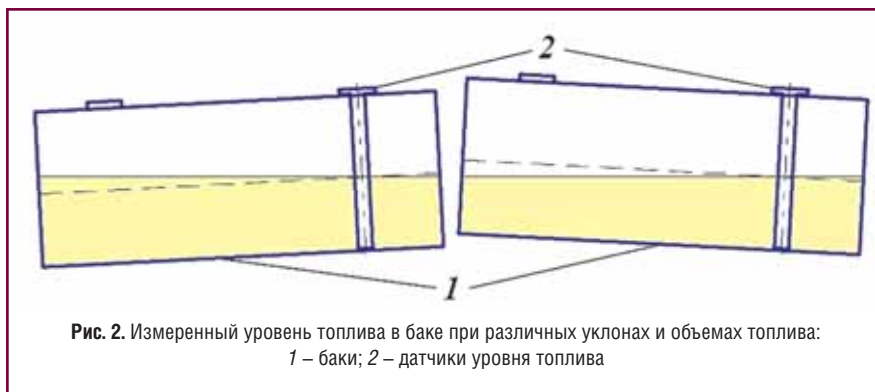


Рис. 2. Измеренный уровень топлива в баке при различных уклонах и объемах топлива: 1 – баки; 2 – датчики уровня топлива

Анализ причин погрешностей измерения

В исследованиях [1], посвященных контролю параметров и диагностике АТС, установлено, что параметры взаимного расположения элементов измерительной системы и контролируемого объекта влияют на величину погрешностей измерения.

Рассмотрим два одинаковых топливных бака прямоугольной формы с установленными емкостными датчиками уровня жидкости (рис. 2), расположенными с различным уклоном. Измеренные датчиками уровни топлива в баке будут одинаковы в обоих случаях, но при этом количество топлива в левом баке больше, чем в правом.

Таким образом, для большинства реальных форм баков тарировка в

горизонтальном положении распространяется только на данное горизонтальное положение. Наклон автомобиля не будет оказывать влияние на показания уровня топлива только тех датчиков, которые установлены по оси, проходящей через центр масс топливного бака. Следовательно, на точность измерения уровня топлива в баке наибольшее влияние оказывают угол наклона транспортного средства и расстояние от перпендикуляра к дну бака, проходящего через центр масс, до оси установки датчика (рис. 3).

Изменение показаний датчика можно определить по формуле

$$\Delta h = \left(l_1 - \frac{l}{2} \right) \operatorname{tg} \alpha, \quad (1)$$

где l_1 – расстояние от стенки топливного бака до оси установки датчика;

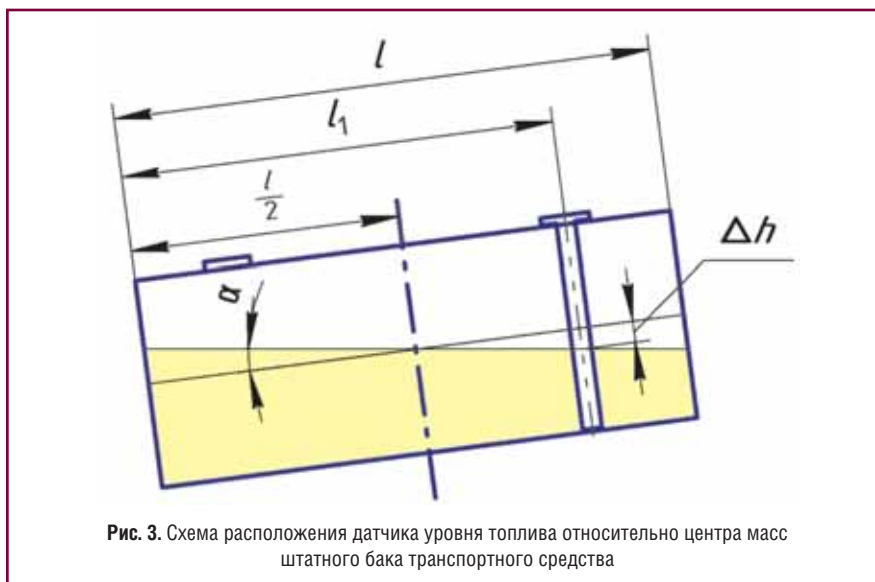


Рис. 3. Схема расположения датчика уровня топлива относительно центра масс штатного бака транспортного средства

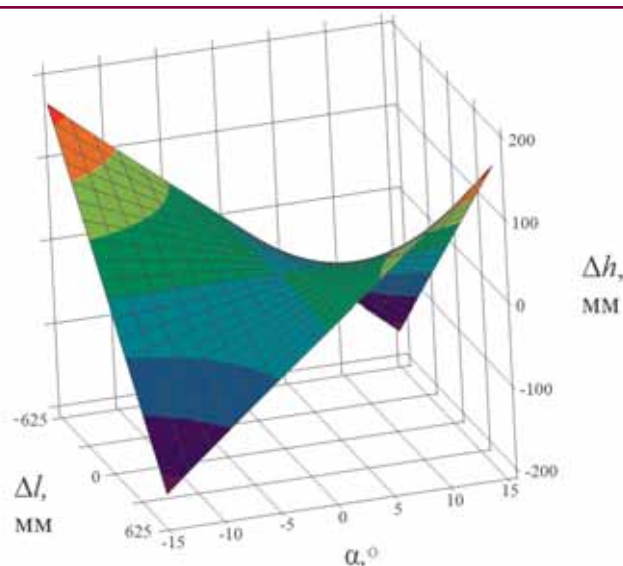


Рис. 4. Зависимость погрешности измерения уровня топлива в баке АТС КАМАЗ-53215 от угла его наклона и расположения датчика уровня топлива относительно центра масс бака

l – длина бака; α – угол наклона бака в продольной оси.

Рассмотрим бак грузового автомобиля КАМАЗ-53215 длиной $l=1250$ мм, общим объемом 500 л (рис. 3). По формуле (1) рассчитаем величину, на которую будет изменяться уровень топлива при смещении датчика от центра масс бака к боковым стенкам на расстояние $\Delta l = l_1 - l/2$, а также при изменении угла его наклона α относительно горизонта в диапазоне от -15 до 15° .

Результаты расчета погрешности измерения уровня в топливном баке при изменении рассмотренных факторов представлены в виде двумерной зависимости на рис. 4.

При максимальном удалении от центра масс ($\Delta l=625$ мм) и максимальном угле наклона относительно горизонтальной плоскости ($\alpha=15^\circ$) произойдет увеличение показаний датчика на величину $\Delta h=167,47$ мм. При площади основания бака $S_{\text{осн}}=0,7875$ м² ошибка измерения уровня топлива в баке составит 131,88 л, или 26,38 % номинальной вместимости топливного бака.

Как видно из рисунка, чем дальше расположен датчик от центра масс и чем больше уклон, тем больше погрешность измерения. В то же время если датчик расположен в центре масс, то при любом уклоне показания останутся неизменными. Для увеличения точности измерений необходимо располагать датчик в центре масс бака, что не всегда возможно сделать на баке реального транспортного средства.

Следовательно, необходимо модифицировать требования к конструкции топливных баков и предусмотреть в них возможность установки дополнительных датчиков уровня топлива в геометрическом центре масс бака. Эти требования должны выполняться производителями баков еще на этапе их проектирования.

Для технического решения данной проблемы может быть использован способ определения количества топлива в баке транспортного средства [2], отличающийся тем, что уровень измеряется с двух противоположных сторон бака.

Этот способ позволяет увеличить точность измерения при нарушении ориентации бака в пространстве.

При этом измерители располагают в плоскости, проходящей через центр масс бака с топливом, определяют расстояние от точек измерения до перпендикуляра к основанию бака, проходящего через его центр масс, а объем топлива рассчитывают по формуле

$$V = \frac{h_1 l_2 + l_1 h_2}{l_1 + l_2} S_{\text{осн}}, \quad (2)$$

где h_1 и h_2 – уровни топлива, измеренные датчиком уровня с двух противоположных сторон бака; l_1 и l_2 – расстояния от точки измерения до перпендикуляра из точки центра масс к основанию бака; $S_{\text{осн}}$ – площадь основания бака.

Таким образом, зная форму бака, его ориентацию в пространстве и показания датчика (датчиков) уровня, можно рассчитать объем топлива, находящегося в нем, и исключить погрешность, обусловленную рассмотренными факторами, что позволит повысить точность контроля и эффективность системы управления расходом топлива.

Литература

1. Научные основы совершенствования технологического оборудования для технического сервиса автотранспортных средств: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.10 / Блянкинштейн Игорь Михайлович. – Иркутск, 2013. – 467 с.
2. А.с. 1396723 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 F 23/02. Способ определения количества топлива в баке транспортного средства / И.М. Блянкинштейн; заявитель и патентообладатель Ленинград. инж.-строит. ин-т. № 3970635/10; заявл. 29.10.85; опубл. 27.06.12.

Система автоматического регулирования, обеспечивающая рекуперацию энергии в накопитель гибридной силовой установки

И.К. Александров, профессор Вологодского государственного технического университета, д.т.н.,
Е.В. Несговорев, доцент Вологодского государственного технического университета, к.т.н.

В статье представлена система автоматического регулирования, обеспечивающая рекуперацию энергии торможения транспортного средства в накопитель гибридной силовой установки.

Ключевые слова: система автоматического регулирования, рекуперация энергии торможения, гибридная силовая установка.

Недостатком системы автоматического регулирования (САР), представленной в работах [1, 2], является то, что при способности обеспечивать стабилизацию работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на внешней скоростной характеристике эта система не реализует возможность рекуперации энергии торможения транспортного средства в накопитель электрической энергии

с последующим ее использованием для транспортного процесса.

Эта проблема решается с помощью рассматриваемых ниже способа и устройства.

Устройство (рис. 1) содержит:

- задатчик положения 1 топливopодающего органа с выходным сигналом $h1$;
- преобразователь 2 положения топливopодающего органа в сигнал

задания угловой частоты $\omega_{зад}$ вращения выходного вала ДВС;

- ДВС 3;
- сравнивающее устройство 4 с выходным сигналом $\Delta\omega = \omega_{зад} - \omega$;
- генератор переменного тока 5;
- преобразователь 6 разности заданной и действительной угловых частот вращения выходного вала ДВС в соответствующий ток возбуждения генератора 5 переменного тока;

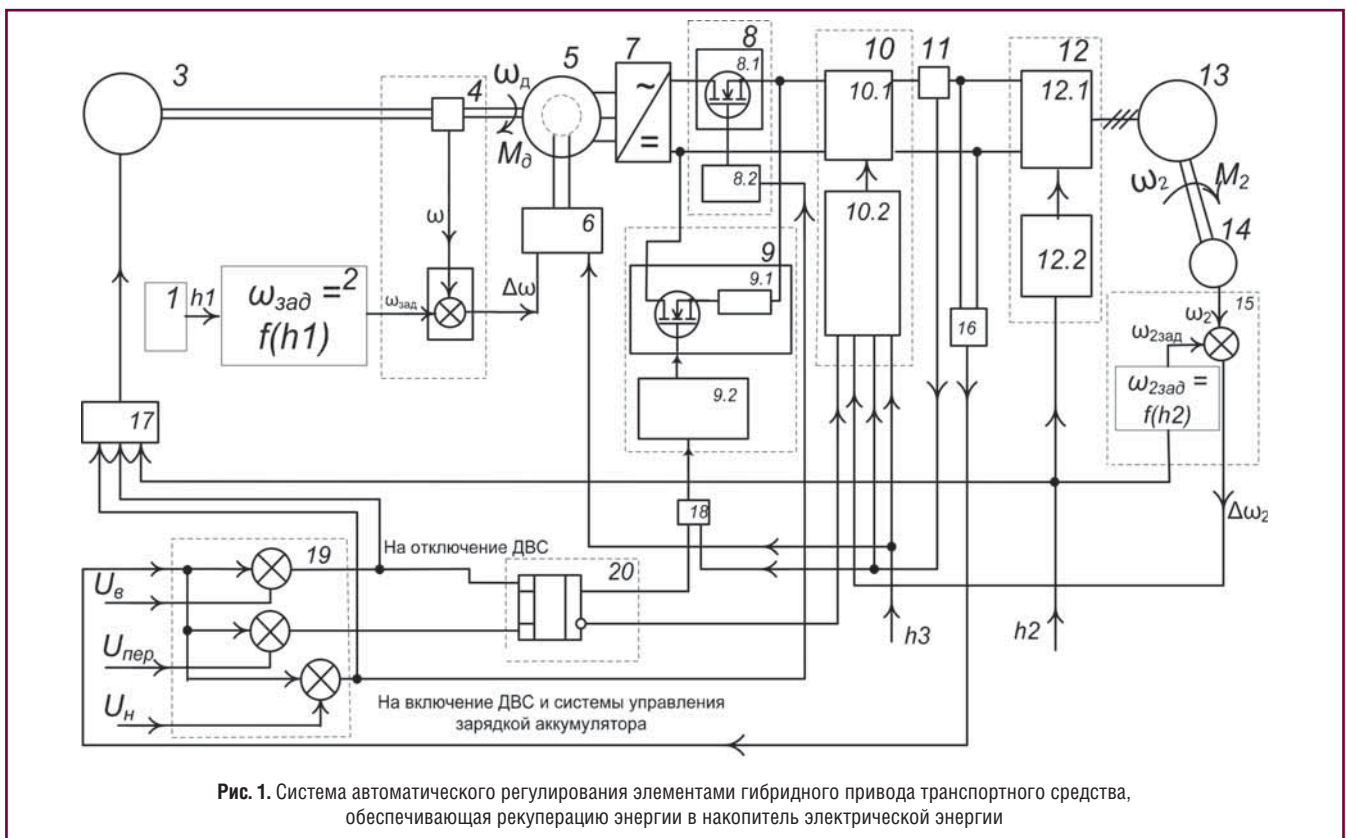


Рис. 1. Система автоматического регулирования элементами гибридного привода транспортного средства, обеспечивающая рекуперацию энергии в накопитель электрической энергии

- выпрямитель 7;
 - систему управления 8 током зарядки управляемого накопителя электрической энергии при питании от генератора;
 - блок 9 поглощения энергии, имеющий в своем составе силовую часть 9.1 и систему управления 9.2;
 - накопитель электрической энергии 10, состоящий из отдельных блоков химических аккумуляторных батарей (АБ) или конденсаторов, соединенных вместе, включающий систему управления 10.2 и силовую часть 10.1 на основе быстродействующих ключей, имеющий на входе сигнал $h3$ от педали торможения на включение, систему управления 12 электрическим двигателем, включающую силовую преобразователь 12.1 со своей системой управления 12.2, имеющей на входе сигнал $h2$ от водителя;
 - электрический тяговый двигатель 13;
 - датчик 14 частоты вращения вала тягового электродвигателя;
 - блок 15 сравнения фактического сигнала угловой частоты ω_2 с заданным $\omega_{зад}$;
 - датчик напряжения 16 на выходе выпрямителя 7;
 - блок 17 управления «выключением» ДВС (уменьшение подачи топлива и перевод на режим холостого хода);
 - блок 18 сравнения напряжений в звене постоянного тока с предварительно установленным верхним уровнем $U_{в}$, свидетельствующий об отсутствии сигнала заряда конденсаторов, поступающего с датчика 11;
 - трехуровневый компаратор 19, преобразующий сигналы на его входе в команду на «отключение» или «включение» ДВС и системы управления током заряда управляемого накопителя электрической энергии;
 - логический блок 20, представляющий собой триггер с установочными входами R (сброс) и S (установка).
- Устройство работает следующим образом.

В исходном состоянии при наличии или отсутствии сигнала на движение система управления блоком накопления энергии соединяет отдельные элементы аккумуляторов (конденсаторы) последовательно для обеспечения максимального рабочего напряжения на клеммах блока накопления энергии.

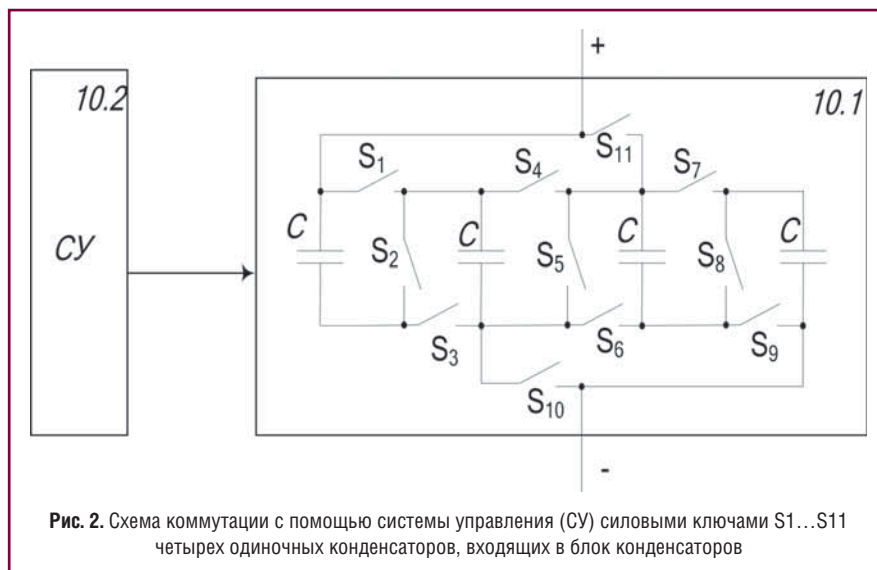
Перед началом торможения водитель убирает ногу с акселератора, что вызывает снятие сигнала $h2$ (см. рис. 1) управления тяговым двигателем 13 (M_2). В результате появляется нулевой сигнал управления $h2=0$, что вызывает перевод ДВС в режим работы с пониженной устойчивой скоростью вращения выходного вала (режим холостого хода), после чего генератор электрической энергии, имеющий жесткую механическую связь с ДВС, отключается. С этого момента накопитель электрической энергии, стоящий в звене постоянного тока, начинает получать энергию только от тягового электродвигателя, работающего в генераторном режиме.

Сигнал $h3$ торможения (нажатие на педаль тормоза) имеет три ступени. На первой ступени торможения вырабатываются сигналы индикации огней торможения и управления схемой соединения отдельных элементов в накопителе электрической энергии. При дальнейшем

воздействии на педаль тормоза вступает в работу вторая ступень торможения: сначала срабатывает система заряда накопителя электрической энергии, при этом тяговый электрический двигатель, обеспечивающий движение транспортного средства, переходит в режим работы генератора.

По мере снижения скорости движения уменьшается частота вращения вала тягового электродвигателя, работающего в режиме генератора, что приводит к снижению генерируемой им электродвижущей силы и уменьшению эффективности торможения транспортного средства. При необходимости водитель увеличивает нажатие на тормозную педаль (третья ступень), что приводит к срабатыванию механической части тормозной системы и полной остановке транспортного средства.

При достижении предварительно установленного порога переключения $U_{пер}$ логический блок 20, представляющий собой триггер с установочными входами R и S , вырабатывает сигнал отключения блока 9 и одновременно подает сигнал на вход блока 10.2. Такое же действие вызывается сигналом, создаваемым блоком 4 и определяющим превышение частоты вращения вала электрического двигателя над частотой вращения магнитного поля,



S_1	+	$C_3 = C + C + C + C = 4C$	S_1	-	$C_3 = 1/(1/C + 1/C) + 1/(1/C + 1/C) = C$	S_1	-	$C_3 = 1/(1/C + 1/C + 1/C + 1/C) = C/4$
S_2	-		S_2	+		S_2	+	
S_3	+		S_3	-		S_3	-	
S_4	+		S_4	-		S_4	-	
S_5	-		S_5	-		S_5	+	
S_6	+		S_6	-		S_6	-	
S_7	+		S_7	-		S_7	-	
S_8	-		S_8	+		S_8	+	
S_9	+		S_9	-		S_9	-	
S_{10}	-		S_{10}	+		S_{10}	-	
S_{11}	-		S_{11}	+		S_{11}	-	
а			б			в		

Рис. 3. Состояние ключей и величины емкостей блока C_3 накопителей при возможных соединениях (варианты а, б, в):
+ ключ включен; - ключ выключен

задаваемой сигналом задания системы управления электрическим двигателем (движение под уклон).

Необходимым условием работы преобразователя частоты является наличие в звене постоянного тока конденсатора (источник реактивной энергии) для создания магнитного поля асинхронной машины. В случае использования электрической машины как тягового устройства при автономной работе необходимо применение конденсатора как источника основной энергии и реактивной энергии.

Величины рабочего и допустимого напряжения разряда, а также заряда одиночного элемента в блоке накопителя определяются техническими условиями разработчика. Например, модуль ЭК404 (Компания «ЭСМА»), собранный из 30 одиночных конденсаторных элементов, соединенных последовательно, имеет диапазон рабочих напряжений 48...24 В.

Необходимое рабочее напряжение блока накопителей, состоящего из элементов с различной степенью заряженности, обеспечивается электронными ключами, создающими различные схемы включения элементов (рис. 2, 3), что позволяет управлять напряжением блока накопителей и существенно изменяет величину этого

напряжения. Конденсаторы накопителя заряжаются при снижении генерируемой электродвижущей силы, благодаря чему осуществляется более полный отбор электрической энергии от генератора. В случае применения блока конденсаторов с большим количеством одиночных конденсаторов число возможных соединений увеличивается.

При снижении электродвижущей силы тягового двигателя, работающего в генераторном режиме, уменьшается напряжение, прикладываемое к блоку конденсаторов, включенных в цепь постоянного тока, что приводит к уменьшению зарядного тока конденсаторов.

Блок 19 (компаратор), фиксирующий близкое к нулю значение зарядного тока, вырабатывает сигнал на изменение схемы включения конденсаторов (см. рис. 2). Соответствующее изменение положения электронных ключей (см. рис. 3) в силовой схеме приводит к уменьшению напряжения на клеммах блока конденсаторов, что при неизменной электродвижущей силе генератора на момент коммутации в свою очередь приводит к увеличению зарядного тока блока конденсаторов.

При дальнейшем снижении скорости вращения вала электродвигателя, работающего в режиме генератора, до второго предварительно установленного уровня (когда рекуперация становится невозможной) блок 18, свидетельствующий об отсутствии сигнала заряда накопителя энергии, поступающего с блока 11, подает сигнал управления на логический блок 20, который вырабатывает и подает на вход блока 10.2 сигнал, запрещающий работу накопителя энергии. Одновременно с блока 18 поступает сигнал на блок 9.2 управления поглотителем энергии.

Таким образом обеспечиваются условия для рекуперации энергии в управляемый накопитель при торможении в более широком диапазоне вырабатываемых электрической машиной напряжений, что способствует увеличению возврата энергии для повторного ее использования в транспортном процессе. В конечном счете это существенно снижает расхода топлива гибридной силовой установкой на единицу транспортной работы.

На описанный способ оптимизации работы накопителя электроэнергии авторам статьи выдан Патент РФ [3].

Литература

1. Александров И.К. Адаптивная электромеханическая трансмиссия // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 1 (31). – С.14-17.
2. Патент 2338081 РФ. Способ стабилизации минимального удельного расхода топлива двигателем внутреннего сгорания транспортного средства с электромеханической трансмиссией и устройство для его осуществления / И.К. Александров, Е.В. Несговоров // БИ. – 2008. – № 31.
3. Патент 2418185 РФ. Способ минимизации удельного расхода транспортного средства с электромеханической трансмиссией с частичной рекуперацией и устройство для его осуществления / И.К. Александров, Е.В. Несговоров // БИ. – 2011. – № 13.

Abstracts of articles

- C. 3**
St. Petersburg International Gas Forum
Boris Cheminava
St. Petersburg International Gas Forum accepted more than 1000 visitors and confirmed the high status.
-
- C. 4**
Conference Resume: «The Main Directions of the Gas-engine Fuel Market Development in Russia»
Anastasia Martynova
Current stage of the gas-engine market in Russia, problems and development directions of stakeholders, international experience.
-
- C. 6**
World Trends and Stimulation Measures on Gas-engine Fuel Market
Anastasia Martynova
World gas-engine market, contemporary trends, international experience in market stimulation.
-
- C. 7**
The Main Directions of the Gas-engine Fuel Market Development in Russia
Denis Kornienko
The stages of the gas-engine field development in Russia, strategic goals and dynamics of fuelling infrastructure construction until 2020 are presented.
-
- C. 8**
Problems of Gas-engine Vehicles Implementation in Transport Enterprise
Andrey Dubrovin
Gas fuel, economic and ecological effect of the problem.
-
- C. 9**
Main Problems in Developing NGV Market in Russia: Transportation Companies Point of View
Sergei Prokofiev
NGV save fuel expenses for transportation companies. But NGV implementation leads some specific risks for the company. Reducing of that risks is one of the key point for developing Russian NGV market.
-
- C. 10**
Future Belongs to Methane
Dario Lukarelli
CNG and LNG vehicles is Iveco's answer to the need to reconcile environmental protection (a priority for the planet) with the demands of competitiveness, efficiency and productivity made on working vehicles.
-
- C. 11**
Gas Fuel: Ecological and Economical Symbiosis
Petr Zolotarev
Russian CNG-transport market has high potential of growth. This will allow to increase profitability and environmental friendliness of transportations considerably.
-
- C. 12**
Natural Gas Vehicle Technology KAMAZ – as a Tool of Energy Saving and Energy Efficiency
Rafael Batirshin, Alfred Gatiyatov
Experience of usage of gas motor transport in Russia and the results obtained in energy efficiency, ecology and safety.
-
- C. 13**
Development of LNG-fuelled Buses Market in Europe
Michal Slizak
European LNG market, Solbus the only LNG bus manufacturer in Europe, joint testing program with Gazprom-Germania, economy of LNG as motor fuel, necessary environment for the LNG market development in Russia, first commercial projects
-
- C. 14**
Future Trends of Development of the Production of the Stations of Full Factory Readiness for Motor Transport Enterprises
Valeriy Yashin, Il'dar Ganiev
The main way of reducing the cost of freight and passenger transportation is the conversion of motor vehicles to gas motor fuel.
-
- C. 15**
Infrastructure Creation for Gasification of the Motor Transport: Decisions Exist
Frank Häberli
In the circumstances there are actual questions of creation of the effective infrastructure, urged to serve requirements of mass gasification of motor transport.
-
- C. 16**
Mobile CNG Filling Station
Maksim Shikunets, Alexander Balashov
Modern CNG refueling solutions for transport. Technologies, advanced development.
-
- C. 17**
CJSC «Promenergomash» Participation in Fueling Network Development
Sergey Mandrik
The increased demand for energy has resulted in acute need of the CNG compressor station network development.
CJSC «Promenergomash» brings the following kinds of services for participation in the program of CNG compressor station network development: design, production and construction CNG station (on CNG and LNG) and Multifuel gas station.
-
- C. 22**
The Basic Principles of Building and Developing Long-distance Gas Transport System
Yakov Mkrtchian, Stanislav Lyugai, Daniil Selivanov
The basic principles of building long-distance gas transport system. Special attention is paid to the use of liquefied natural gas as a vehicle fuel is used on large trucks, tourist buses and agricultural machinery.
Keywords: compressed natural gas (CNG), liquefied natural gas (LNG), liquefied petroleum gas (LPG), CNG filling stations, automobile gas filling station, LNG gas station.
-

C. 29***Analysis of the Ways to Convert Automobile Diesel Engines to Operate on Natural Gas*****Mikhail Shatrov, Alexey Khachian, Vladimir Sinyavsky, Ivan Shishlov**

In the paper calculation methods are used to analyse engine cycle parameters while operation on stoichiometric and lean burn engines. This has shown that operating on lean burn is profitable. Also in case of two fuel engines use of fine atomized minimized diesel fuel may help to develop profitable engine.

Keywords: natural gas, the stoichiometric gas engine, the lean burn gas engine, gas-diesel engine.

C. 36***Designing and Calculation of the EGR System of Modern Engines*****Viktor Erokhov**

Clarified the mechanism of the influence of exhaust gas recirculation to workflow engine. Formulated the concept of the effectiveness of the system of exhaust gas recirculation. Have developed a method of design and calculation and effectiveness of the functional elements of the system of exhaust gas recirculation. Are principled and constructive scheme of the EGR system.

Keywords: exhaust gas recirculation, the combustion process, the value of recycling, filling ratio, principled and constructive scheme of the system of recycling, hazardous substances, combustion efficiency of the system of recycling.

C. 43***Hydrogen Electrochemical Systems for Transport on Alternative Fuels*****Sergey Grigoriev**

The article describes the application areas of hydrogen electrochemical systems for the production of alternative fuels, including with utilization of carbon dioxide. The concept of power system on the basis of renewable energy sources and electrochemical systems with hydrogen accumulation, including the electric car, is considered.

Keywords: electrochemical system, solid polymer electrolyte, hydrogen, renewable energy source.

C. 52***Manufacturing Metal-Composite Cylinders*****Sergey Semenishchev, Vadim Glukhov, Pavel Merzlyakov, Olga Kilina, Vladimir Popov**

Presented to the second stage of the manufacturing technology of metal-composite cylinders with aluminum alloy liners. Some features of the workflow operations, marked deficiencies and recommendations for improvement of technology.

The material presented in this article can be useful for those engaged in the manufacture of metal-composite high-pressure cylinders, as well as potential investors who wish to organize a new production of such bottles.

Keywords: composite cylinder technology, winding, winding machine, roving binder composite, drying, curing, avtofretirovanie, hydraulic testing, assembly and packaging.

C. 56***Calculation Research of the Combustion Process and Characteristics of the Diesel Engine and HCCI Engine*****Vjacheslav Kamaltdinov, Markov Vladimir, Gennady Dragunov**

The advantages of HCCI Engine working cycle characteristics are demonstrated. Mathematical model of the process occurring in

the internal combustion engine cylinder has been presented. Results of the calculation research of the process of combustion of the 83 % natural gas and 27 % dimethyl ether mixture have been given.

Keywords: diesel engine, homogeneous charge compression ignition, diesel fuel, natural gas, dimethyl ether.

C. 61***Calculating the Reliability of Gas Motor Fuel Supplies System to Consumers*****Andrey Evstifeev**

The main elements of the gas motor fuel supply to the consumers are analyzed, guidelines for placing core infrastructure facilities for production, transportation, storage and transport refueling are formulated, economic and manufacturing methodology for determining the area of customer service by the gas motor fuel remote sources are offered, example of a software implementation as the design software package model is done.

Keywords: gas motor fuel, consumers gas motor fuel supplies system, infrastructure facilities, mathematics modeling, software, predictive mathematical model, liquefied natural gas (LNG), compressed natural gas (CNG).

C. 66***Submission of Gas Fuel at Pressurization of Cylinders of the Engine with Spark Ignition*****Vladimir Shishkov**

The features cycle of submission of gas are given at pressurization of cylinders of the engine with spark ignition. On the basis of settlement researches carried out the author, gives the recommendations at the choice of parameters of gas system of submission, size of pressurization by air of cylinders, increase of a degree of compression and change of volume of cylinders for indemnification of losses of capacity and twisting moment at re-equipment of the engine from petrol on gas fuel.

Keywords: the engine of internal combustion, gas the equipment, direct injection of gas fuel, pressurization of cylinders, degree of compression, spark ignition, capacity, twisting moment.

C. 70***Lapses of Monitoring of Fuel Consumption on Fuel Level in a Vehicle Tank*****Dmitry Khudiyakov, Igor Blyankinshteyn**

Results of the analysis of lapses in measurement of fuel consumption by systems of monitoring of the transport, caused by features of seating of the fuel level sensor in a vehicle tank are given. The versions of the decision providing independence of control of fuel consumption from seating of the sensor are considered. Conclusions are fair for the vehicles using both traditional, and alternative liquid fuels.

Keywords: monitoring system of fuel consumption; fuel level sensor lapses in a vehicle tank.

C. 73***Automatic Control System Providing Recuperation of Breaking Energy into the Storage of Hybrid Power Unit*****Igor Aleksandrov, Evgeny Nesgovorov**

The paper presents the automatic control system providing recuperation of vehicle breaking energy into the storage of hybrid power unit.

Keywords: automatic control system, recuperation of breaking energy, hybrid power unit.

Авторы статей в журнале №4 (34) 2013 г.**Александров Игорь Константинович,**

д.т.н., профессор Вологодского государственного технического университета (ВоГТУ), 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15, ВоГТУ, каф. БЖД и ПЗ, р.т. (8172) 72-47-70, м.т. 8 921 714-91-40, e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Бакиев Тагир Ахметович,

начальник НТЦ ООО «Газпром трансгаз Уфа», р.т. 8 (347) 237-28-88, e-mail: info@ufa-tr.gazprom.ru

Балашов Александр Владимирович,

к.т.н., инженер технологических процессов ООО «М-трейд», тел.: +7 (926) 735-10-04, e-mail: avbalashoff@yandex.ru

Батыршин Рафаэль Римович,

генеральный директор ООО «РаритЭК», 423822, Россия, Татарстан, г. Набережные Челны, а/я 168, р. т. (8552) 77-88-78, e-mail: info@raritek.ru

Блянкинштейн Игорь Михайлович,

к.т.н., доцент кафедры транспорта Сибирского федерального университета, адрес: 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. Тел.: 8 913-529-36-47, e-mail: blyankinshtein@mail.ru

Бычков Антон Александрович,

начальник группы маркетинга и обслуживания АГНКС ИТЦ ООО «Газпром трансгаз Уфа», тел. (347) 279-88-71, e-mail: itc-abychkov@ufa-tr.gazprom.ru

Ганиев Ильдар Рашидович,

исполнительный директор ООО Объединение «Компрессор», тел. +7 905 015-51-99, e-mail: oookompressor@narod.ru

Гатиятов Альфред Абузарович,

начальник отдела реализации газобаллонного оборудования ООО «РаритЭК», 423822, Россия, Татарстан, г. Набережные Челны, а/я 168, р. т. (8552) 77-88-78

Глухов Вадим Павлович,

к.т.н., главный технолог ООО «Научно-производственное предприятие «Высокие технологии для Газпрома», 426008, г. Ижевск, ул. К.Маркса, д. 264а, тел.+7 3412 911-067, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Григорьев Сергей Александрович,

начальник отдела Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1, тел.: 8 499 196 94 44, 8 905 736-56-20, e-mail: grig@hepti.kiae.ru или sergei_grigoriev@yahoo.com

Драгунов Геннадий Дмитриевич,

д.т.н., профессор кафедры «Колёсно-гусеничные машины и автомобили» Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), г. Челябинск, тел. 8- 951-900-92-24

Дубровин Андрей Борисович,

к.э.н., финансовый директор компании «Армада», тел. +7 (812) 318-48-00, e-mail: dubrovin@armadagrpr.ru

Евстифеев Андрей Александрович,

начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 115583, Москва, а/я 130, тел.: (910) 460-78-86, email: A_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

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

Золотарев Петр Сергеевич,

исполнительный директор проекта CNG, корпорация «Русские машины», e-mail: petsz@rm.ru

Камалтдинов Вячеслав Гилимянович,

к.т.н., доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ), г. Челябинск, тел. 8-951-777-00-11

Кирина Ольга Владиславовна,

директор по качеству ООО «Научно-производственное предприятие «Высокие технологии для Газпрома», тел. (3412) 911-067, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Корниенко Денис Геннадьевич,

к.э.н., заместитель генерального директора по коммерческим вопросам, ООО «Газпром газомоторное топливо», 191186, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Чебоксарский пер., д. 1/6, лит. А, тел.: +7 812 455-01-09, e-mail: info@gmt.gazprom.ru

Лукарелли Дарио,

менеджер по работе с ключевыми клиентами компании Iveco, тел.: +7 495 504 04 42, e-mail: Dario.Lucarelli@iveco.com

Люгай Станислав Владимирович,

директор Центра «Использование газа» ООО «Газпром ВНИИГАЗ», р.т. (498) 657-4205, 8 916 107-98-09, e-mail: S_Lyugai@vniigaz.gazprom.ru

Мандрик Сергей Иванович,

генеральный директор ЗАО «Промэнергомаш», тел.: (812) 493-25-82, e-mail: mandrik@promenmash.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

Мартынова Анастасия Владимировна,

к.э.н., ведущий специалист отдела маркетинга ООО «Газпром газомоторное топливо», 197046, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Петроградская наб., д. 20, тел.: +7 812 455 0122, e-mail: commerce@gmt.gazprom.ru

Мерзляков Павел Павлович,

главный конструктор ООО «Научно-производственное предприятие «Высокие технологии для Газпрома», тел. (3412) 911-067, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Мкртычан Яков Сергеевич,

профессор, д.т.н., м.т. 8 985 863-02-65

Несговорев Евгений Валерьянович,

к.т.н., доцент Вологодского государственного технического университета (ВоГТУ), 160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15, ВоГТУ, моб.т. 8 921 234-66-07

Попов Владимир Кимович,

директор по производству ООО «Научно-производственное предприятие «Высокие технологии для Газпрома», тел. (3412) 911-067, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Прокофьев Сергей Семенович,

директор по развитию ООО «СТОПК», тел.: + 7 921 992-22-21, e-mail: Stork.prokofiev@gmail.com

Селиванов Даниил Владимирович,

главный специалист 2 категории отдела перспективных разработок ООО «Газпром газэнергосеть», факс: +7 (495) 777-77-97, e-mail: d.selivanov@gazpromlpg.ru

Семенов Сергей Петрович,

к.т.н., генеральный директор ООО «Научно-производственное предприятие «Высокие технологии для Газпрома», 426008, г. Ижевск, ул. К.Маркса, д. 264а, тел.+7 3412 911-067, м.т. 8 912 767-81-14, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Синявский Владимир Викторович,

доцент МАДИ (ГТУ), к.т.н., р.т. 8 (499) 155-08-80

Слижак Михал,

директор по маркетингу, ОАО «Сольбус», тел.: + 48 502 280 555, e-mail: michal.slizak@solbus.com.pl

Хачиян Алексей Сергеевич,

профессор МАДИ, к.т.н., e-mail: khach@dvs.madi.ru

Худяков Дмитрий Александрович,

магистрант кафедры транспорта Сибирского федерального университета, адрес: 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. Тел.: 8 962-071-86-52, e-mail: scr.88@mail.ru

Хэберли Франк,

вице-президент по продажам и маркетингу Hexagon Lincoln, тел.: + 47 920-886-74, e-mail: frank.haeberli@hexagonlincoln.com

Чеминава Борис Теймуразович,

специалист отдела маркетинга ООО «Газпром газомоторное топливо», тел. (812) 455-01-22, e-mail: Cheminava-BT@gmt.gazprom.ru

Шатров Михаил Георгиевич,

профессор МАДИ, д.т.н., р.т. (499) 155-08-80

Шикунец Максим Викторович,

генеральный директор ООО «М-трейд», тел.: +7 (912) 981-21-95, e-mail: smv89129812195@gmail.com

Шишков Владимир Александрович,

к.т.н., преподаватель кафедры теплотехники и тепловых двигателей СГАУ им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), начальник технического отдела ООО «Рекар», тел. +7 (8482) 35-29-07, +79277847157, e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Шишлов Иван Геннадьевич,

старший научный сотрудник МАДИ, к.т.н., р.т. (499) 155-08-80

Яшин Валерий Васильевич,

генеральный директор ООО Объединение «Компрессор», тел. +7 905 015-51-99, e-mail: oookompressor@narod.ru

Contributors to journal issue No.4 (34) 2013

Alexandrov Igor,

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

Bakiev Tagir,

Head of Science and Technology Centre Ltd. «Gazprom transgaz Ufa»,
office phone: + 7 (347) 237-28-88,
e-mail: info@ufa-tr.gazprom.ru

Balashov Alexander,

PhD, Process manager Engineer of M-trade ltd,
phone: +7 (926) 735-10-04,
e-mail: avbalashoff@yandex.ru

Batyrshyn Rafael,

General Director RariTEK,
office phone: (8552) 77-88-78,
e-mail: info@raritek.ru

Blyankinshteyn Igor,

Ph.D., Associate Professor of Transport, Siberian Federal University,
Address: 660041, Krasnoyarsk, etc.
Svobodny, 79,
tel.: +7-913-529-36-47,
e-mail: blyankinshteyn@mail.ru

Bychkov Anton,

«Gazprom transgaz Ufa»,
phone: +7 (347) 279-88-71,
e-mail: itc-abychkov@ufa-tr.gazprom.ru

Cheminava Boris,

specialist Marketing department,
LLC «Gazprom Gas-Engine Fuel»
tel. + 7 (812) 455-01-22,
e-mail: Cheminava-BT@gmt.gazprom.ru

Dragunov Gennady,

PhD. Tekhn. Sciences, Professor of South Ural State University (Chelyabinsk),
phone: +7 951-900-92-24

Dubrovin Andrey,

Ph.D, Financial Director of the company Armada,
tel.: +7 (812) 318-48-00,
e-mail: dubrovin@armadagrp.ru

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

Evstifeev Andrey,

JSC «Gazprom VNIIGAZ»,
p/o 130, Moscow, Russia, 115583,
email: A_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

Ganiev Il'dar,

Executive director of Association «Compressor» LTD,
phone: +7 905 015-51-99,
e-mail: oookompressor@narod.ru

Gatiyatov Alfred,

Deputy General Director of «RariTEK»,
sales and development,
tel. +7 (8552) 77-88-78,
e-mail: info@raritek.ru

Glukhov Vadim,

Ph.D., chief Technology Officer of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom», t.+7 3412 911-067,
e-mail: hi-tec11@mail.ru

Grigor'ev Aleksandr,

department head National Research Center «Kurchatov Institute»,
e-mail: grig@dserver.dhtp.kiae.ru

Häberli Frank,

Vice President Sales & Marketing Hexagon Raufoss, Hexagon Lincoln,
phone: + 47 920-886-74,
e-mail: frank.haerberli@hexagonlincoln.com

Kamaltidinov Vjacheslav,

Ph.D., Associate Professor of South Ural State University (Chelyabinsk),
phone: +7 951 777-00-11

Khachiyan Alexey,

cand. sc., professor MADI,
e-mail: khach@dvs.madi.ru

Khudyakov Dmitry,

Graduate Department of Transport, Siberian Federal University, Address: 660041, Krasnoyarsk, etc. Svobodny, 79,
tel.: +7 962-071-86-52, e-mail: scr.88 @ mail.ru

Kilina Olga,

Quality Director of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom»,
phone: + 7 (3412) 911-067,
e-mail: hi-tec11@mail.ru

Kornienko Denis,

Ph.D., Deputy Director General for commercial issues, LLC «Gazprom Gas-Engine Fuel», 191186, Russian Federation, Saint-Petersburg, Cheboksarskiy lane, 1/6 A,
tel.: +7 812 455-01-09,
e-mail: info@gmt.gazprom.ru

Lukarelli Dario,

Kea Account Manager, company Iveco,
phone: +7 495 504 04 42,
e-mail: Dario.Lucarelli@iveco.com

Lyugai Stanislav,

Deputy Director of the Centre «Gas Use»,
tel.: +7(498) 657-4205,
email: S_Lugay@vniigaz.gazprom.ru

Mandrik Sergey,

генеральный директор ЗАО «Промэнергомаш»,
phone: + 7 (812) 493-25-82,
e-mail: mandrik@promenmash.ru

Markov Vladimir,

PhD, Engng, professor of «Heat Physics» department of the Bauman Moscow State Technical University, phone: + 7 917 584-49-54

Martynova Anastasia,

Ph.D., Leading specialist Marketing department, LLC «Gazprom Gas-Engine Fuel», 197046, Russian Federation, Saint-Petersburg, Petrogradskaya emb., 20,
tel.: +7 812 455 0122,
e-mail: commence@gmt.gazprom.ru

Merzlyakov Pavel,

Chief Designer of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom»,
phone: + 7 (3412) 911-067,
e-mail: hi-tec11@mail.ru

Mkrtychian Yakov,

PhD, professor, phone: + 7 985 863-02-65

Nesgovorov Evgeny,

PhD, Associate Professor of Vologda State Technical University,
phone: + 7 921 234-66-07

Popov Vladimir,

Production Director of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom»,
phone: + 7 (3412) 911-067,
e-mail: hi-tec11@mail.ru

Prokofiev Sergey,

NGV developing officer, STORK LLC,
mob: + 7 921 992 22 21,
e-mail: Stork.prokofiev@gmail.com

Selivanov Daniil,

Chief Specialist 2nd category, JSC «Gazprom gazenergoset»,
phone: +7 (495) 777-77-97,
e-mail: d.selivanov@gazpromlpg.ru

Semenishchev Sergey,

Ph.D., General Director of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom», m.t. + 7 912 767-81-14,
e-mail: hi-tec11@mail.ru

Shatrov Mikhail,

professor MADI, PhD. Tekhn. Sciences,
phone: + 7 (499) 155-08-80

Shkunets Maksim,

CEO of M-trade ltd,
phone: +7 (912) 981-21-95,
e-mail: smv89129812195@gmail.com

Shishkov Vladimir,

candidate of technical science, the senior lecturer Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev (National Research University), of department of Limited Liability Company «Recar»,
phone: +7 (8482) 35-29-07, + 7 9277-847157,
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Shishlov Ivan,

Senior Researcher of MADI,
office phone: + 7 (499) 155-08-80

Sinyavsky Vladimir,

candidate of technical science, Associate Professor of MADI,
phone: +7 (499) 155-08-80

Slizak Michal,

Marketing Director, «SOLBUS» Ltd.,
mobile: +48 502 280 555
e-mail: michal.slizak@solbus.com.pl

Yashin Valeriy,

General manager of Association «Compressor» LTD,
тел. +7 905 015-51-99,
e-mail: oookompressor@narod.ru

Zolotarev Petr,

Executive Director CNG Project Russian Machines JSC, e-mail: petr@rm.ru

Подписка – 2013

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 115304, Москва, ул. Луганская, д. 11.

Тел.: 321-50-44, 321-62-81, e-mail: transport.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru • www.ngvrus.ru

Уважаемые читатели!
Продолжается подписка на 2013 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 2013 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.