



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 4 (22) 2011

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



ТМК Трубная
Металлургическая
Компания

**ОРСКИЙ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ
ЗАВОД**

**ВЕДУЩИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
баллонов высокого давления**

462431, Оренбургская область
г. Орск, ул. Крупской, 1
тел/факс: (3537) 34-80-60, 34-80-19, 25-83-33
E-mail: office@ormash.ru, www.ormash.ru

РЕКЛАМА

Выступление главы Газпрома на форуме ЕДК

Голубой коридор 2011 – Запад

Стандарты и нормы для автотранспортных средств

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

Учредитель и издатель
НП «Национальная газомоторная
ассоциация» (НГА)

Периодичность 6 номеров в год

Главный редактор
П.Г. Цыбульский
генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Члены редакционной коллегии

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

В.И. Ерохов
профессор «МАМИ», д.т.н.

Н.Е. Игнатьева
заместитель главного редактора

А.А. Ипатов
генеральный директор ФГУП «НАМИ», д.э.н.

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

Т.В. Климова
начальник отдела по связям с общественностью и
СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

С.И. Козлов
главный научный сотрудник Центра по использова-
нию газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

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

А.В. Николаенко
ректор «МАМИ», профессор, к.э.н.

Ю.В. Панов
профессор МАДИ, к.т.н.

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

Е.Н. Пронин
зам. начальника Управления ОАО «Газпром»,
исполнительный директор 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. Луганская, д. 11, оф. 304.
Тел./факс: (495) 321-50-44, 321-62-81.
E-mail: transport.1@ngvrus.ru
www.ngvrus.ru

Отпечатано с готовых диалозитивов в ООО «Принт-Лидер»,
117186, Москва, ул. Нагорная, д. 15, корп. 8
Номер заказа
Сдано на верстку 01.06.2011 г.
Подписано в печать 27.07.2011 г.
Формат 60х90 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 Орского
машиностроительного завода**

В НОМЕРЕ:

Природный газ – реальная альтернатива (интервью с Е.Н. Прониным)	3
Пражский форум ЕДК.....	4
Дневник автопробега «Голубой коридор 2011 – Запад».....	7
Газ для олимпийского Сочи	9
Ежегодное собрание НП НГА.....	11
Газпром продолжит работу по развитию использования газомоторного топлива в России.....	11
Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко, Н.А. Лапушкин, В.Б. Перетряхина, И.В. Федотов Нормативное обеспечение применения газомоторного топлива на основе метана на автотранспорте	12
М.С. Недлин, Ю.Н. Вольнов, Р.П. Гордеева Безопасность АГЗС: инженерные решения или административные барьеры?	15
З.Ю. Булычева Содержание загрязняющих веществ в пассажирских помещениях и кабинах АТС.....	18
В.В. Московкин Счетчики вместо норм	22
Л.А. Жернов Резервное электроснабжение: проблемы и методы решения.....	26
В.М. Фомин, А.С. Платунов Водород как химический реагент для совершенствования показателей работы автомобильного двигателя с НВБ	30
В.С. Янченко Моделирование обобщенного термодинамического цикла тепловых двигателей	38
И.М. Блянкинштейн, А.М. Асхабов Методические аспекты реализации виртуального метода измерения дымности ОГ дизелей	41
В.И. Карагузов, П.С. Мальцев Бортовой термоакустический кондиционер на природном газе	45
В.Г. Семенов Определение цетанового числа и теплоты сгорания биодизельного топлива.....	48
В.А. Лиханов, А.И. Чупраков, А.В. Зонов, И.М. Шаромов Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5	50
В.П. Зайцев, В.И. Маврицкий, С.К. Постоев Российские инновации на выставке HeliRussia 2011	54
Н.С. Бащенко, П.А. Пуртов, А.Ю. Аджиев Оценка возможности производства АСКТ из нефтяного и природного газа	57
Поздравляем с юбилеем!.....	59
Е.Н. Шмелев Экология и энергетическая эффективность автотранспортных средств	60
В.А. Лиханов, Р.Р. Девятьяров, А.С. Полевщиков, М.А. Долгих, С.А. Верстаков Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле.....	62
И.К. Александров, В.А. Раков, А.А. Щербакова Перспективы развития транспортных средств с электроприводом	65
Р.Р. Батыршин Расширение использования автотехники на природном газе.....	70
КАМАЗ: масштабная презентация газобаллонных автомобилей.....	72
Совещание в Минтрансе Свердловской области.....	73
Н.Г. Кириллов, А.Н. Лазарев Патентные исследования в области создания стационарных хранилищ СПГ для транспортных средств России	74
Авторы статей в журнале № 4 (22) 2011 г.	80



'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 4 (22) 2011

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

Printed Matter Registration Certificate No. FS77-30114

Founder and Publisher

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

Published: 6 issues a year

Editor-in-Chief

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

Ipatov, A.A.

Director General of FGUP NAMI,

Doctor of Engineering

Kavtaradze, R.Z.

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

Klimova, T.V.

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

Kozlov, S.I.

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

Markov, V.A.

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

Doctor of Engineering

Nikolaenko, A.V.

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

Deputy Head of Directorate, JSC Gazprom,

Executive Director, NGVRUS

Stativko, V.L.

vice-president, NGVRUS, Candidate of Science

Fateev, V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

Editor

Ershova, O.A.

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 01.06.2011

Endorsed to be printed on 27.07.2011

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

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

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

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

CONTENTS

L.A. Gnedova, K.A. Gritsenko, N.A. Lapushkin, V.B. Peretryakhina, I.V. Fedotov Question normative ensuring usage gas fuel based on methane for transport motor-vehicle	12
M.S. Nedlin, Yu.N. Volnov, R.P. Gordeyeva AGZS safety: are there engineering decisions or administrative barriers?	15
Z.Yu. Bulycheva Content of pollutants in the air of passenger compartment and cabin of motor vehicles	18
V.V. Moskovkin Counters instead of norms	22
L.A. Zhernov Reserve power supply: modern aspects of the problem and solution methods.....	26
V.M. Fomin, A.S. Platunov Hydrogen as a chemical reagent for perfection of parameters of work of the automobile engine with direct injection of gasoline	30
V.S. Yanchenko Modelling of the generalized thermodynamic cycle of thermal engines.....	38
I.M. Blyankinshteyn, A.M. Askhabov Methodical aspects of realization of a virtual method of measurement of opacity of the fulfilled gases of diesel engines	41
V.I. Karagusev, P.S. Maltsev The onboard thermoacoustic conditioner on natural gas.....	45
V.G. Semenov Numerical and experimental studies to determine the cetane number and calorific value of biodiesel	48
V.A. Likhonov, A.I. Chuprakov, A.V. Zonov, I.M. Sharomov The influence of application of the ethanol-fuel emulsion on the effective to factors of the separation of the heat of the diesel 4Ч 11,0/12,5	50
V.P. Zajtsev, V.I. Mavritskiy, S.K. Postoev Russian innovations at the exhibition HeliRussia 2011	54
N.S. Bashchenko, P.A. Purtoev, A.Y. Adzhiev Evaluation of the possibility of production ASKT of oil and natural gas	57
E.N. Shmelev Environmental and energy efficiency of vehicles.....	60
V.A. Likhonov, R.R. Devetyarov, A.S. Polevschikov, M.A. Dolgih, S.A. Verstakov Improving the ecological performances of diesel 2Ч 10,5/12,0 when running on ethanol.....	62
I.K. Alexandrov, V.A. Rakov, A.A. Shcherbakova Prospects of development of vehicles with the electric drive.....	65
N.G. Kirillov, A.N. Lazarev Patent researches in the field of creation of stationary storehouses for the liquefied natural gas for vehicles of Russia.....	74
Contributors to journal issue No. 4 (22) 2011	80



Природный газ – реальная альтернатива

В августе исполняется 55 лет Евгению Николаевичу Пронину, заместителю начальника управления по газификации и использованию газа ОАО «Газпром», исполнительному директору Национальной газомоторной ассоциации. Наш корреспондент побеседовал накануне юбилея с Евгением Николаевичем.

Корр.: Евгений Николаевич! Вы уже достаточно давно работаете в области использования природного газа как моторного топлива. Как Вы начинали?

Е.Пронин: Да, действительно, некоторый «газомоторный стаж» я заработал. Я пришел в это направление в 1992 году. Сначала работал по совместительству, а с 1994 года – постоянно. В 1996 году меня пригласили в Газпром, в управление, в котором я и продолжаю работать.

Корр.: Скажите, что изменилось в этом сегменте топливного рынка за прошедшие годы?

Е.Пронин: Почти все. На момент моего прихода в отрасль практический массовый опыт метанизации транспорта был только в недавно прекратившем существование СССР и Италии. Мировой парк машин на природном газе насчитывал немногим более 300 тысяч. К 2011 году метан уверенно занял свое место среди моторных видов топлива. В мире насчитывается более 13 миллионов автомобилей на природном газе, а годовой спрос на него оценивается примерно в 30 миллиардов кубических метров. Созданы новые технологии для автомобилей, АГНКС, баллонов.

Корр.: Сейчас много говорят и пишут о биометане, водороде и особенно электричестве на транспорте. Каковы, по-вашему, перспективы этих видов топлива?

Е.Пронин: Вы правильно ставите вопрос о перспективах. Они, конечно, есть. Через десять, двадцать, тридцать лет можно ожидать чего-то реального. Сегодня рыночной, неполитической альтернативой нефтяным видам топлив является только природный газ. Его больше, он дешевле и чище. Все остальное либо не имеет достаточных ресурсов, либо дороже используемых сегодня видов топлива, либо технологически не освоено. О пропане я не говорю, поскольку альтернативой его можно назвать весьма условно. Это – в основном продукт нефтепереработки.

Корр.: Не является ли Ваша точка зрения по понятным причинам чисто российской?

Е.Пронин: Отнюдь. Разве компании Ауди, Вольво, Ивеко, Исузу, Мерседес, Ситроен, ФИАТ, Фольксваген, Хёнде и многие другие, серийно выпускающие в общей сложности более 90 моделей метановых легковушек, пикапов, грузовиков и автобусов, – российские?

А разве это мои слова: «Электромобильность, конечно, сексапильна, но в отличие от природного газа убедительной потенцией не обладает»? Нет. Это в июне 2011 года публично сказал бывший министр экономики Германии Ханс Эйхель.

И ещё: «Не существует другой такой технологии, которая могла бы в кратчайшее время с незначительными инвестициями обеспечить сокращение вредных для окружающей среды автомобильных выбросов CO₂. Эти факты заставляют обратить пристальное внимание на такие виды топлива, как компримированный природный газ и биометан». Это сказал уже Фердинанд Дуденхёффер, профессор Университета Дуйсбург-Эссен, руководитель немецкого Центра изучения автомобильного рынка, один из самых признанных европейских автомобильных авторитетов.

Корр.: Как следует понимать Ваши слова?

Е.Пронин: Очень просто. Наигравшись в политические альтернативы и освоив немалые средства национальных и международных организаций, большинство профессионалов пришло к пониманию – нужно продолжать исследования с прицелом на будущее, а прямо сейчас внедрять природный газ.

Корр.: Какие новые тенденции складываются на газомоторном рынке?

Е.Пронин: Главная – применение сжиженного природного газа на тяжелой технике: автобусах, грузовиках, морских судах и железнодорожных локомотивах. Это – перспектива самого близкого будущего.

Корр.: Будет ли принят в России федеральный закон об использовании природного газа в качестве моторного топлива?

Е.Пронин: Обязательно будет принят! Когда – пока не знаю. В ведомствах, администрациях регионов и муниципалитетах на словах поддерживают тему метанизации бюджетного транспорта, но к делам приступать не спешат. А зачем? Закона-то нет. Так стоит ли напрягаться? Ну и что, что метан стоит в три раза дешевле дизельного топлива? Деньги-то не свои, бюджетные (понимайте: налогоплательщика), чего их беречь. И спроса с чиновников нет. Пока нет...

Корр.: А нужен ли закон, и что, по-вашему, он должен регулировать?

Е.Пронин: Закон нужен. Это – основа для региональных и муниципальных программ. Я бы ограничился одним-единственным требованием прямого действия: все бюджетные организации должны постепенно к 2020 году заместить до трети потребляемого моторного топлива природным газом. Эту задачу можно решать через государственно-частное партнерство, энергосервисные договоры. Поэтому в законе нужно предусмотреть экономические льготы для участников рынка.

Корр.: Как Вы оцениваете работу в области использования газа, проводимую в российском автопроме?

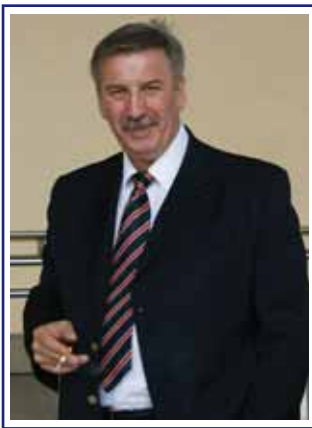
Е.Пронин: Если не считать робкие усилия КАМАЗа и Группы ГАЗ, российская автомобильная промышленность проиграла и эту партию. Нет поддержки в виде государственного заказа на поставку газобаллонной техники бюджетным организациям. А заказа нет, поскольку нет закона, в котором это было бы предусмотрено.

Корр.: Где нужно начинать массовый переход на природный газ?

Е.Пронин: В России 1100 городов, в которых проживают почти 100 миллионов россиян. Половина из них живет в неблагоприятной экологической обстановке. Для её улучшения и замещения 30 % нефтяного топлива природным газом нужно к 2020 году перевести на природный газ, а еще лучше купить в заводском газовом исполнении всего 14 тысяч новых автобусов и построить всего 150 АГНКС. На реализацию такой программы в России потребуются примерно четыре года. Это если приступить к работе сегодня. А с какого города начать – не принципиально. Хотя можно для начала взяться за Москву, Санкт-Петербург, Сочи, Казань, Иркутск, Тамбов и Калининград. Да и сельскую местность забывать не следует.

Корр.: В заключение поздравляем Вас, Евгений Николаевич, с приближающимся 55-летием! Желаем Вам семейного счастья, свершения планов, здоровья. И побольше удачи! А энтузиазма Вам не занимать.

Е.Пронин: Благодарю Вас. В свою очередь желаю всем благополучия и долголетия.



Пражский форум ЕДК



2-3 июня 2011 г. в Праге (Чехия) состоялось 14-е Общее собрание Европейского делового конгресса (ЕДК).

Форум дал оценку работе конгресса за истекший год, избрал нового вице-президента и президиум, а также принял ряд жизненно важных для ассоциации вопросов. В работе конгресса приняли участие руководители крупнейших компаний Европы, представители Европейской экономической комиссии Организации Объединенных наций и Еврокомиссии, главы международных организаций, журналисты.



Выступает А.Миллер

В рамках Пражского форума состоялась международная конференция на тему «Экологические вызовы и энергетический сектор». На конференции выступил председатель правления ОАО «Газпром», президент ЕДК Алексей Миллер с докладом, который публикуется ниже.

Выступление Алексея Миллера

Наша конференция проходит в момент, который без преувеличения можно назвать переломным для европейской энергетики. Целый ряд внешних факторов заставляет европейцев по-новому взглянуть на целевую модель обеспечения континента энергией. Политические кризисы в Северной Африке и на Ближнем Востоке, война в Ливии и прекращение поставок нефти и газа из этой страны стали поводом для изменения подходов к оценке рисков снабжения энергоресурсами.

Вопрос стоит прямо: «Нужна ли Европе еще одна Ливия ради снижения зависимости от России?»

Авария на японской атомной станции вновь вернула в повестку дня вопрос о будущем атомной энергетики в Европе. Где-то дискуссии пока продолжаются, где-то решения уже приняты, но главы многих крупных энергетических компаний и промышленных регионов уже несколько последних месяцев, приезжая в Москву и в «Газпром», заявляют: «Нам будут нужны новые объемы поставок для газовой электрогенерации!» Развитие добычи сланцевого газа в Америке, воспринятое многими с большим воодушевлением, для Европы пока имеет негативный эффект. Где растет конкурентоспособность? Там, где появился новый дешевый энергоресурс или где продолжают субсидировать возобновляемую энергетику? Ответ очевиден, и он не обрадует европейских налогоплательщиков.

Конечно, мы ни в коем случае не призываем повернуть историю вспять. Но хотим подчеркнуть, что накопилась критическая масса факторов для переосмысления европейских представлений о том, «что такое хорошо, и что такое плохо», о том, какая структура топливно-энергетического баланса является оптимальной, о том, как в меняющихся условиях расставить приоритеты энергетической политики.

Об одной из таких перспективных идей мне хотелось бы поговорить подробнее. К общему собранию Европейского

делового конгресса и нашей конференции приурочен старт автопробега, в котором примут участие автомобили, работающие на газе. Уверен, что не только стартовые пистолеты не дадут осечки, но и весь автопробег, который продлится неделю и пройдет в основном по дорогам Германии, доставит удовольствие его

образом, транспортными средствами, потребляющими компримированный природный газ (КПГ). В то же время широкие перспективы открывает использование сжиженного природного газа (СПГ), прежде всего, для большегрузного транспорта, а также синтетического дизельного топлива GTL (Gas-to-Liquids).



В зале заседания

Растущее использование автотранспорта, ужесточение законодательства в области экологии, а также планируемый в странах ЕС переход на стандарт Евро-6 придадут новый импульс применению природного газа в качестве транспортного топлива, особенно в сфере грузовых перевозок. В зависимости от тех решений, которые будут приняты сегодня, спрос в Европе на природный газ в качестве моторного топлива может достичь к 2030 г. 80 млрд м³, что приблизительно в 10 раз превысит текущие объемы потребления.

участникам и получит освещение в прессе. Это одна из акций, которые мы планируем, чтобы способствовать развитию европейского рынка газового топлива, повышению эффективности и популярности проектов, связанных с созданием в Европе сети газозаправочных станций.

Что это будет означать с точки зрения экологии? Около четверти выбросов парниковых газов в странах ЕС приходится на транспорт, и эта цифра продолжает расти. По данным Еврокомиссии, в 2008 г. 71,3 % выбросов транспортной отрасли «обеспечивали» автомобили.

На пути из Праги в Грайфсвальд (а именно там завершится автопробег и туда, как известно, уже осенью придет «Северный поток») его участники смогут ознакомиться с планами наших партнеров из концерна «Фольксваген» по производству газобаллонных автомобилей, а в Берлине на выставке, проводимой Европейской газомоторной ассоциацией, представить публике возможности автотранспорта, работающего на экологически самом чистом природном топливе.

Известны амбициозные планы Евросоюза по уменьшению загрязнения атмосферы: к 2020 г. выбросы парниковых газов должны быть сокращены на 20 % по сравнению с 1990 г., а к 2050 г. – на 80 %. Для достижения этих целей Еврокомиссия недавно призвала к сокращению выбросов автотранспортом парниковых газов на 60 % к 2050 г. по сравнению с 1990 г.

В настоящее время природный газ используют около 1,4 млн автомобилей в 40 странах Европы, включая Россию. Рынок автотранспорта, работающего на природном газе, представлен, главным

Власти ЕС побуждают производителей перейти к выпуску экологически более чистых видов транспортных средств путем налогообложения топлива. Но природный газ как самое чистое углеводородное топливо идеально подходит для решения амбициозных экологических задач Европы и в области транспор-

та, и в других отраслях. Современный транспорт, работающий на природном газе, позволяет сократить выбросы CO₂ на 20-25 % по сравнению с аналогичным транспортом на бензине. С учетом вероятного дальнейшего ужесточения экологических норм, а также благодаря более полному сгоранию метана, этот вид авто-

– экономически рациональное решение для транспортной отрасли. Вот конкретный пример. В Италии газовые автомобили наиболее перспективны в следующих сегментах: легковые машины для молодежи, общественный (включая такси) и большегрузный транспорт. В среднем газовое такси в Риме расходует на топливо 10-11 евро в сутки для пробега 200-220 км. Аналогичное такси с дизельным двигателем для такого же пробега расходует на топливо 20-25 евро. Экономическая рентабельность газового такси очевидна. А для поставщиков преимущество использования газа в качестве моторного топлива – всесезонность, отсутствие зимних пиков и летних спадов спроса.

Тема развития газомоторного транспорта должна занять достойное место в дискуссии о будущем европейской энергетики. «Газпром» же будет делать все от него зависящее для будущего газомоторного транспорта.

Публикация подготовлена с использованием материалов официальных сайтов ОАО «Газпром», ЕДК, НГА, а также energyland.info



К общему собранию Европейского делового конгресса был приурочен старт автопробега, в котором приняли участие автомобили, работающие на газе

транспорта является эффективным долгосрочным решением.

Цены на нефть достигли высокого уровня. На этом фоне природный газ

Справка



Европейский деловой конгресс (ЕДК) объединяет 117 компаний из 23 стран-членов ОБСЕ, в том числе такие крупнейшие корпорации и банки, как ОАО «Газпром», ExxonMobil, Daimler Chrysler, Siemens, Shell, ConocoPhillips, Total, Deutsche Bank, Dresdner Bank, Alcatel, Wintershall, E.ON Ruhrgas, GDF SUEZ и др. Секретариат ЕДК находится в Берлине. Высшим органом ЕДК является Общее собрание. Руководство организацией осуществляет президиум в составе 36 человек. Президентом ЕДК является председатель правления ОАО «Газпром» А.Миллер. За решение оперативных вопросов отвечает правление из 9 человек.

Конгресс занимается практическими вопросами экономического сотрудничества в Европе, разработкой предложений по устранению препятствий и созданию благоприятных условий для эффективного и безопасного ведения предпринимательской деятельности. Практическая работа ЕДК осуществляется в рамках семи рабочих комитетов: «Энергетика», «Промышленность и строительство», «Законодательство, банки, финансы», «Информация и коммуникации», «Экология и здравоохранение», «Человеческие ресурсы, образование, наука», «Безопасность предпринимательства».

Дневник автопробега «Голубой коридор 2011 – Запад»



Со 2 по 9 июня 2011 г. по территории Чешской Республики и Федеративной Республики Германии успешно прошел пробег автомобилей заводского изготовления, использующих в качестве моторного топлива компримированный природный газ (КПГ), «Голубой коридор 2011 – Запад». Организаторами пробега стали компании E.On Ruhrgas, ОАО «Газпром», ЕДК, Gazprom Germania и Vemex.

2 июня 2011 г., Прага

Старт автопробега «Голубой коридор 2011 – Запад».



Клаусу Шефферу и Алексею Миллеру вручают стартовые флаги

3 июня 2011 г., Прага – Лейпциг

После дозаправки метаном на АГНКС Пражской газовой компании метановый караван вышел на



Представитель ОАО «Газпром», президент НГА Е.Пронин

маршрут Прага – Лейпциг – Вольфсбург – Берлин – Грейфсвальд. На первом, самом массовом этапе в пробеге приняли участие 22 автомобиля из Белоруссии, Германии, Канады, России, Финляндии и Чехии. В основном в пробеге были представлены легковые автомобили. Но были также мусороуборочная машина КАМАЗ, автобус IVECO Daily и среднемагистральный газовый тягач IVECO Stralis. На границе Чехии и Германии часть



Российский метановый КАМАЗ в комплектации мусороуборочного коммунального автомобиля

автомобилей – в основном из чешских компаний – вернулась в Прагу. Вечерняя дозаправка была организована компанией Verbudnetz Gaz AG на многотопливном автозаправочном комплексе под Лейпцигом, где в природный газ добавляют до 10 % биометана.

4-5 июня 2011 г., Лейпциг – Вольфсбург

Газомоторный караван прибыл из Лейпцига в Вольфсбург – столицу концерна Volkswagen (VW). Здесь



Участники автопробега В.Матюшечкин (ОАО «Газпром») и А.Шуман (E.On Ruhrgas) на автомобиле VW Passat ECO Fuel

участники газомоторного ралли посетили знаменитый Autostadt: побывали в сборочном цехе № 17 и ознакомились со сборкой моделей Golf, Touran, Tiguan; осмотрели автомобильный музей, в котором представлены как самые древние автомобили (точнее самодвижущиеся экипажи), так и современные машины. Вместе с представителями компании участники пробега обсудили проблемы производства метановых автомобилей на заводах концерна в Германии и России. Представители VW с интересом отнеслись к возможности поставок газовых машин в Сочи. Особенно интересной представляется поставка газобаллонных автомобилей в Сочи из Калуги, где уже работает сборочный завод Volkswagen.

6-8 июня 2011 г., Вольфсбург – Берлин

На этом этапе к колонне присоединяется среднемагистральный тягач IVECO Stralis на КПГ. Впервые в составе колонны представлены газовые машины всех основных сегментов коммерческих перевозок: легковые, грузовые, автобусы и коммунальные автомобили. От Вольфсбурга до Берлина в составе колонны шел еще один автомобиль Volkswagen Touran с объединенным экипажем Пражской газовой компании и Чешской газовой ассоциации. Вечером того же дня автомобили каравана «Голубой коридор 2011» были расставлены на открытой площадке Берлинской выставки для осмотра участниками и гостями Международной выставки NGV Berlin 2011

Европейской газомоторной ассоциации (NGVA Europe).

Следует отметить, что автомобили из пробега заметно украсили выставку в части газобаллонных автомобилей. Если бы не автопробег, то экспозиция на открытой площадке выглядела бы довольно скучно. В целом выставка и семинары произвели хорошее впечатление. Однако в этот раз никаких прорывных технологий продемонстрировано не было. Там же состоялась Общее собрание членов и заседание Совета директоров Европейской газомоторной ассоциации.

В рамках этого этапа участники пробега побывали на заводе по производству биогаза, принадлежащем дочерней компании E.On – Edis. Производительность завода – 220 м³/ч биогаза, для чего требуется 50 т/сут. органической массы, которую продают соседние фермеры. Полученный газ используется для генерации тепловой и электрической энергии. Стоимость завода 5,2 млн. евро. Завод полностью автоматизирован, и в дежурной смене работает всего один оператор. Проект носит скорее политический и исследовательский, нежели коммерческий характер.



А вокруг будут пастись коровы и давать биогаз...

Потом в берлинском представительстве компании E.On Ruhrgas был проведен круглый стол. Организаторы и участники автопробега ответили на вопросы германских и российских журналистов, рассказали о национальных рынках КПГ и СПГ, мерах стимулирования, производстве газовых

Цены (евро/л) на топливо по маршруту автопробега

Топливо	Прага	Лейпциг	Вольфсбург	Грейфсвальд
Бензин	1,36	1,57	1,57	1,52
Дизель	1,40	1,43	1,43	1,42
СУГ (пропан)	0,97	1,06	–	0,96
КПГ* (метан)	0,60	0,73	0,62	0,60

* Цена в евро/м³

автомобилей, развитии газозаправочной и сервисной инфраструктуры, работе газовых компаний и газомоторных ассоциаций. После всех этих мероприятий караван метановых автомобилей направился в Грейфсвальд – конечную точку маршрута.

8 июня 2011 г., Берлин – Грейфсвальд

На своей новой берлинской газовой заправке компания Gazprom Germania организовала торжественный старт финишного этапа пробега. Под музыку и добрые напутствия автомобили, дозаправившись метаном, тронулись в путь на Грейфсвальд. Вечером того же дня представители компании Nord Stream встретили автопробег и провели презентацию проекта «Северный поток», который признан на сегодняшний день самым эффективным многонациональным газовым проектом последних лет.

9 июня 2011 г., Грейфсвальд

Утром колонна прошла еще примерно 40 км и достигла технологической площадки компании Nord Stream, где из вод Балтийского моря на сушу выходит газопровод «Северный



«Северный поток»: первая нитка выходит на берег

поток». Ввод первой нитки газопровода запланирован на осень 2011 г. Участники пробега осмотрели технологическое оборудование и побеседовали со специалистами. Было отмечено, что оба этих проекта родились в России, но имеют общеевропейское значение. Затем представители компаний E.On Ruhrgas и Gazprom Germania вручили участникам почетные грамоты и сувениры. После символического финиша и дозаправки караван был распущен с надеждой на встречу в следующем пробеге.



Белорусский экипаж на автомобиле VW Caddy

Это пробег имеет ряд особенностей, отличающих его от предыдущих «Голубых коридоров». Впервые компании E.On Ruhrgas (Германия) и Vemex (Чехия) организовали метановый автопробег. И нужно отдать коллегам должное: все сделано на «отлично». Впервые в пробеге участвовали экипажи из Белоруссии, Канады, Финляндии и Чехии и в состав колонны вошел газобаллонный автомобиль североамериканского производства Ford-350 CNG. Также впервые (и не без административных проблем) российский метановый КАМАЗ в комплектации мусороуборочного коммунального автомобиля въехал на территорию Европейского союза.

МЕТАИнфо

Газ для олимпийского Сочи

ОАО «Газпром» 6 июня 2011 г. ввел в эксплуатацию газопровод «Джубга – Лазаревское – Сочи», который был включен в утвержденную Правительством РФ Программу строительства олимпийских объектов и развития г. Сочи как горноклиматического курорта.

В Сочи прошли торжественные мероприятия, посвященные этому событию. В них приняли участие Председатель Правительства Российской Федерации В.В. Путин, Председатель Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллер, представители строительных и подрядных организаций, а также общественности.

Перед Газпромом была поставлена задача по энергообеспечению олимпийских объектов и активно развивающейся инфраструктуры районов Черноморья. При этом принципиально важно было сохранить нетронутую экосистему побережья, где ежегодно отдыхают миллионы туристов.

«Газпром» эту задачу успешно выполнил. Построен уникальный

объект Единой системы газоснабжения страны – первый внутрироссийский морской газопровод «Джубга – Лазаревское – Сочи».

По данным переписи 2010 г., в городской части Сочи проживают примерно 350 тыс. чел. Гостевая нагрузка на город оценивается по-разному: от 1 до 3 млн приезжих в течение года. Одной из наиболее бросающихся в глаза перемен является дорожное движение. Пробки в Сочи стали привычным явлением. Автомобильный транспорт города стал главным источником загрязняющих веществ: на его долю приходится 93 % всех выбросов. По мнению экспертов из-за неблагоприятной дорожной и экологической ситуации Сочи теряет до 5 % отдыхающих в год.



Автобус МАЗ

Свой немалый вклад в проблему вносит общественный транспорт. Его основу составляют, конечно, автобусы. Причем именно маршрутные автобусы. Изредка попадаются муниципальные автобусы большого класса. Стоимость проезда составляет (в ценах мая 2011 г.) 9 руб. с пассажира. Частные перевозчики берут по 14 руб. в пределах одного района. При переезде из одного района в другой пассажир может заплатить от 30 до 40 руб. Всего в Сочи организовано более 160 городских, межрайонных и пригородных автобусных маршрутов.



Микроавтобус Hyundai

Марочный состав автобусного парка весьма разнообразен. Начать нужно с автобусов МАЗ, находящихся в эксплуатации в муниципальных автотранспортных предприятиях. В секторе частных автоперевозчиков наибольшим спросом пользуются Ford, Hyundai, Isuzu, Peugeot, Volkswagen. К сожалению, пока в городе нет новых микроавтобусов, работающих на природном газе. Использование метана в качестве альтернативного моторного топлива если и не избавит город от пробок, то в любом случае улучшит качество атмосферного воздуха в городе-курорте Сочи. Да



Морской трубоукладчик



Микроавтобус Isuzu

и рентабельность перевозок можно повысить минимум на четверть.

Теперьшняя нехватка АГНКС может быть с успехом компенсирована строительством гаражных станций, доставкой КПП с помощью ПАГЗ и применением регазифицированного СПГ. Перейти на метан могут не только автомобили, но и тракторы, железнодорожные локомотивы, морские катера и суда. Для аэропорта Адлер можно предложить широкую гамму аэродромной обслуживающей техники. А природного газа для этих целей вполне хватит. Газопровод «Джубга – Лазаревское – Сочи» позволит обеспечить надежное энергоснабжение

столицы зимних Олимпийских игр и подачу газа на олимпийские объекты, развитие газификации Сочи и Туапсинского района, а также станет мощным импульсом для повышения качества жизни населения, развития курортного бизнеса и заметного снижения энергодефицита курортной зоны Кавказского побережья Черного моря.

Строительство газопровода началось в сентябре 2009 г. Его протяженность составляет 171,6 км, при этом 90 % трассы – это морская часть. Газопровод проходит по дну Черного моря вдоль прибрежной полосы на расстоянии примерно в 4,5 км от берега. Диаметр газопровода – 530 мм, ежегодная производительность – около 3,8 млрд м³.

Газопровод имеет выходы на сушу в районе населенных пунктов Джубга, Новомихайловский, Туапсе (два), Кудепста. В настоящее время построены автоматические газораспределительные станции: «Джубга-1», «Джубга-2», «Новомихайловская», «Туапсе».



Микроавтобус Peugeot

Одним из основных потребителей газа станет Адлерская ТЭС, которая покроет более трети прогнозируемой пиковой энергонагрузки во время проведения Олимпиады.

Адлерская ТЭС включена в Программу строительства олимпийских объектов и развития Сочи как горноклиматического курорта. Согласно плану-графику строительства пуск Адлерской ТЭС в эксплуатацию будет осуществлен в 2012 г. ТЭС парогазового цикла мощностью более 360 МВт станет ключевым объектом энергетики Сочи и прилегающих районов.

*Управление информации
ОАО «ГАЗПРОМ», МЕТАНинфо*



Автомобильные газовые баллоны



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

В настоящее время серийно изготавливаются:

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

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

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

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



Ежегодное собрание НП НГА

28 июня в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоялось годовое общее собрание членов Некоммерческого партнерства (НП) «Национальная газомоторная ассоциация». Собранных приветствовали Председатель Совета НГА Евгений Пронин, члены Совета Партнерства Давид Гайдт, Виктор Стативко, Геннадий Цыбульский.



Президиум собрания НГА

Членами НГА в настоящее время являются 50 организаций, работающих на рынке использования газа в качестве моторного топлива. Среди членов НГА более двух десятков дочерних предприятий ОАО «Газпром» – общества с ограниченной ответственностью «Газ-

пром трансгаз Волгоград», «Газпром трансгаз Екатеринбург», «Газпром трансгаз Казань», «Газпром трансгаз Кубань», «Газпром трансгаз Нижний Новгород», «Газпром ВНИИГАЗ», открытые акционерные общества «Оргэнергогаз», «Газпром энергосеть» и др., а также научные и инженеринговые структуры, промышленные предприятия, иностранные компании.

Собравшиеся заслушали доклад Исполнительного директора НГА В.Л. Стативко, утвердили годовой отчет, бухгалтерский баланс и заключения Ревизора, а также приоритетные направления деятельности

Партнерства в 2011-2012 гг., избрали членов Совета Партнерства – О.Е. Аксютину, Е.Н. Пронина, П.М. Сазонова, А.А. Седых, В.В. Семенову, В.Л. Стативко, П.Г. Цыбульского.

Председателем Совета (Президентом) НГА избран О.Е. Аксютин, Исполнительным директором Е.Н. Пронин, Ревизором С.В. Петров.

Одним из основных направлений деятельности НГА в предстоящий период члены НГА считают совершенствование нормативно-правовой базы и производственных требований с целью создания благоприятного инвестиционного климата.



Участники собрания голосуют

Газпром продолжит работу по развитию использования газомоторного топлива в России

Российский парк автомобилей, работающих на природном газе, оценивается в 86 тыс. ед. (численность мирового парка – более 13 млн ед.). Сегодня в 58 регионах РФ действует 249 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), 206 из них находятся в собственности ОАО «Газпром». Через российские АГНКС в 2010 г. реализовано 345 млн м³ компримированного природного газа (КПГ).

Одной из мер стимулирования использования газомоторного топлива в России является

Постановление Правительства РФ от 15 января 1993 г. «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом», согласно которому предельная отпускная цена на КПГ установлена в размере не более 50 % от цены бензина Аи-76.

В 2007 г. в ОАО «Газпром» утверждена «Целевая комплексная программа развития газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе, на 2007-2015 годы», в рамках которой предусмотрено строительство 200 АГНКС.

Газпром подписал договоры о сотрудничестве в сфере использо-

вания природного газа в качестве моторного топлива с Калужской, Орловской и Тамбовской областями. Региональные законодательные акты, направленные на развитие локальных рынков КПГ, приняты в Томской, Костромской и Волгоградской областях.

Совет директоров ОАО «Газпром» рассмотрел вопросы стимулирования использования природного газа и сжиженных углеводородных газов (СУГ) в качестве моторного топлива, в том числе на общественном транспорте в крупных городах Российской Федерации.

Правлению поручено продолжить работу в этом направлении во взаимодействии с органами государственной власти.

По материалам управления информации ОАО «Газпром»

Нормативное обеспечение применения газомоторного топлива на основе метана на автотранспорте

Л.А. Гнедова,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

К.А. Гриценко,

научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

Н.А. Лапушкин,

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

В.Б. Перетряхина,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

И.В. Федотов,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Рассмотрены современные направления развития газомоторных технологий, вопросы нормативного обеспечения применения газомоторного топлива на основе метана на автотранспорте.

Ключевые слова: компримированный природный газ (КПГ), качество КПГ, детонационная стойкость, метановое число, содержание серы в КПГ, температура точки росы.

Question normative ensuring usage gas fuel based on methane for transport motor-vehicle

L.A. Gnedova, K.A. Gritsenko, N.A. Lapushkin,

V.B. Peretryakhina, I.V. Fedotov

Actual trends development gas motor technology and question normative ensuring usage gas fuel based on methane on transport motor-vehicle are considered.

Keywords: compressed natural gas, quality of CNG, knock resistance, methane number, total sulphur compounds in CNG, dew point.

Вступивший в действие в сентябре 2010 г. «Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств» явился очередным шагом к приведению в соответствие отечественных и европейских нормативных документов в области автомобилестроения. В нем определена, кроме прочего, необходимость соответствия конструкции газобаллонного оборудования (ГБО), его размещения и установки Правилам ЕЭК ООН №№ 66, 67, 83, 107, 110 и 115. При этом, если автомобиль выпущен заводом как автомобиль экологического класса Евро-4, удовлетворяющий требованиям спе-

циального технического регламента (включая требования Правил ЕЭК ООН № 83-05), то и после установки ГБО он должен соответствовать этим же требованиям, что должно быть подтверждено в ходе сертификационных испытаний ГБО в составе автомобиля. Это соответствие должно быть подтверждено не только в отношении выбросов вредных веществ автомобилем, но и в отношении всего спектра требований, включая требования к бортовой диагностической системе (БД), в частности, в отношении:

- доступа к БД-системе управления газом;

- действия индикатора неисправности БД и кода состояния используемого топлива;
- независимости процедуры диагностики при работе на бензине или газе;
- зарегистрированных неисправностей и занесения в «стоп-кадр»;
- стандартного и неограниченного доступа к БД-системе управления газом и соответствия стандартам ISO и/или спецификациям SAE.

В числе прочего БД должна фиксировать и индцировать основные функциональные неисправности каталитических нейтрализаторов и фильтров частиц. Это затрудняет и делает практически невозможным переоборудование современных двигателей Евро-3,4 и автотранспортных средств (АТС) для работы на природном газе [1]. Поэтому в перспективе основным потребителем КПГ будет газовый двигатель автомобиля заводского изготовления, конструктивные параметры которого оптимизированы под топливо с большей детонационной стойкостью, чем бензин. Серийное производство автомобилей, работающих на КПГ, освоили многие автопроизводители: Mercedes, BMW, Volvo, FIAT, Volkswagen, Ford, Honda, Opel, Renault, Cummins, Iveco и другие.

Газовые автомобили выпускает КАМАЗ, с 2012 г. ВАЗ также приступает к серийному производству метанового автомобиля Приора CNG (и Приора CNG plus с запасом хода без дозаправки на газе 900 км) [2].

За рубежом рынок КПГ активно развивается. В последние годы мировой парк метановых автомобилей ежегодно рос приблизительно на 15...20 %. Среди европейских стран рынок КПГ наиболее успешно развивается в Германии, где насчитывается более 900 АГНКС, и автопром серийно выпускает автомобили газовых модификаций. В этой стране применяются меры налогового стимулирования: владельцы многотопливных и газовых заправок освобождены от экологического налога, который выплачивают бензиновые и дизельные АЗС, а владельцы автомобилей с нормами выбросов ОГ, соответствующими Евро-4 и Евро-5, освобождены от уплаты налога на АТС. КПГ здесь почти в два раза дешевле бензина. В Германии созданы современные нормативы на качество КПГ DIN 51624 (2008 г.), а также на его

применение. Так, переосвидетельствование баллонов для КПП и их испытания под давлением проводятся по немецким правилам 1 раз в 10 лет, а баллоны, установленные на легковых автомобилях, не проходят переосвидетельствование вообще, но срок их службы ограничен 20 годами [3].

Поэтому рассматривая тенденции и перспективы развития газомоторного рынка, будем опираться, в первую очередь, на опыт этой страны.

Один из лидеров производства газовых легковых автомобилей – фирма Volkswagen. В ее новой модели Passat TSI EcoFuel воплощены передовые технологии [4, 5], например, его двигатель разработан для работы на топливе двух видов. На 21 кг газа в трех газовых баллонах, которые находятся под полом машины, можно проехать 450 км, и на 31 л бензина еще 450 км. Основное топливо – природный газ. Автомобиль не переключается на бензиновый режим, пока газовые баллоны не опустеют.

Модификация двигателя позволила использовать преимущество более высокой детонационной стойкости природного газа – метановое число (МЧ) не менее 70 или октановое число (ОЧ) 130 по сравнению с 98 ОЧ бензина, – что позволило получить прирост эффективности, снижение расхода топлива, улучшить разгонные и экологические характеристики автомобиля.

Процесс сгорания в газовом двигателе отличается от сгорания в бензиновом, что потребовало серьезной модификации конструкции двигателя. У газового двигателя выше геометрическая степень сжатия ($\epsilon = 13,5$), а за счет применения турбокомпрессора и приводного нагнетателя действительная степень сжатия еще выше. Это приводит к повышенным максимальным давлению сгорания, тепловой и механической напряженности деталей. Поэтому была увеличена прочность клапанов, поршневых колец и поршней.

При такой модернизации с механической 6-ступенчатой коробкой передач автомобиль потребляет 4,5 кг природного газа на 100 км и выделяет 123 г/км CO_2 . Passat разгоняется до 100 км/ч всего лишь за 9,7 с, а его максимальная скорость составляет 210 км/ч. Автомобиль отвечает требованиям стандарта Евро-5.

На АГНКС Германии, как и в некоторых других европейских странах, в соответствии со стандартом DIN 51624

на КПП осуществляется заправка газом двух групп качества: газом Н с наиболее высокой теплотворной способностью – не менее 15,7 МДж/м³, газом L – не менее 10,5 МДж/м³.

Блок управления двигателя обеспечивает выполнение общих функций при работе на газе и на бензине (резервное топливо). В обоих режимах обеспечивается работа на гомогенной смеси (стехиометрическая смесь) с $\lambda = 1$. Применение адаптационного алгоритма управления позволяет обеспечивать работу двигателя без потери мощности при изменении теплотворной способности на 50 % и более. С помощью λ -регулирования адаптируется время открытия клапанов подачи газа. Адаптация происходит в течение 60 с после каждой заправки в диапазоне средних оборотов/нагрузок.

Состав и количество покрытия 3-компонентного катализатора двигателя подобраны с учетом работы на газе, поскольку при неполном сгорании смеси в ОГ остается метан, стойкий к высокой температуре.

Наличие серы в горючем значительно снижает эффективность работы таких устройств, так как она способна блокировать зоны активного катализа со слабой возможностью дальнейшей очистки (десульфуризация) последних. При переходе на малосернистое топливо их эффективность всегда возрастает, в то время как после десульфуризации она практически не восстанавливается. Для эксплуатации такой техники и обеспечения нормативного срока службы катализатора необходимо газомоторное топливо с содержанием серы не более 10 мг/кг. Для традиционных моторных топлив в Европе такая норма установлена требованиями Евро-5, в США содержание серы в моторном топливе допускается не более 15 мг/кг.

В Германии стандартом DIN 51624 уже с января 2009 г. установлена норма общего содержания серы 10 мг/кг. В природном газе, поставляемом по контракту Россия – Европа, при содержании серы 11 мг/кг и добавке в газотранспортную сеть 10 % биогаза, очищенного от серы, и CO_2 получается КПП, соответствующий по своему составу требованиям DIN 51624 с общим содержанием серы не более 10 мг/кг. Спецификациями на качество газового топлива фирмой Cummins также установлена норма общего содержания серы 10 мг/кг. Правилами ЕЭК ООН № 49 (Пересмотр 4,

Поправки серии 05) с 3 февраля 2008 г. установлено требование к содержанию серы на уровне не более 10 мг/м³ в эталонных газовых топливах GR, G23 и G25. До этого содержание серы нормировалось на уровне 50 мг/м³.

Таким образом, двигатели современных газовых автомобилей изготавливаются с использованием передовых технологий, и для них требуется высококачественное газомоторное топливо. В числе основных требований к их качеству следует выделить следующие:

- детонационная стойкость газомоторного топлива не менее 70 МЧ;
- низкое содержание серы в КПП – не более 10 мг/кг;
- нормированный диапазон теплотворной способности КПП;
- уровень осушки КПП, обеспечивающий работу газоиспользующей техники без выпадения влаги в жидкой фазе или в виде гидратов.

Перспективные отечественные экологические требования к моторному топливу и нормы предельного содержания серы в нем определены Постановлением РФ № 118 (Технический регламент РФ «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту»). С января 2010 г. к продаже в РФ допускаются автомобили не ниже 4 экологического класса. Однако, поскольку в эксплуатации находится большой парк автомашин 2 и 3 экологических классов, топливо для них будет продолжать выпускаться до определенного срока, установленного в Постановлении РФ № 118 (таблица).

Для выполнения экологических требований к моторному топливу нормы предельного содержания серы в КПП должны быть приведены в соответствие с Постановлением № 118. Таким образом, с января 2012 г. содержание серы в моторном топливе не должно превышать 50 мг/кг (класс 4), а с января 2015 г. – 10 мг/кг (класс 5). Уже сейчас в России немало АТС класса Евро-4, работающих на КПП. Для них необходимо газомоторное топливо с содержанием серы не более 50 мг/кг.

Следует отметить, что природный газ, поставляемый с северных месторождений РФ, почти на 98 % состоит из метана и имеет содержание серы ниже 10 мг/кг. Газ, поставляемый с некоторых южных месторождений, а также импортный из южных стран СНГ

по содержанию серы зачастую превышает уровень 50 мг/кг.

Если в РФ промышленная очистка газа от серы обеспечит содержание соединений серы на уровне 10 мг/кг, то КПГ по общему содержанию серы будет соответствовать требованиям к моторному топливу класса Евро-5, и дополнительной очистки КПГ от серы на АГНКС не потребуются.

По существующей отечественной нормативной базе (ГОСТ 27577–2000) КПГ получают из горючего природного газа, транспортируемого по магистральным газопроводам или городским газовым сетям, при этом не предусматривается измерение и изменение компонентного состава газа.

В настоящее время сырьевая база и практика производства КПГ в нашей стране и за рубежом вышли за рамки этого определения. Так, КПГ может производиться из регазифицированного СПГ (пример – 11-й автобусный парк Москвы), в КПГ может добавляться биогаз, а также водород. Получающийся при этом так называемый Гайтан проходит опытную эксплуатационную проверку в нескольких странах. Биогаз в очищенном от серы виде используется в ряде стран как газомоторное топливо в сжиженном и компримированном виде, а в Германии в количестве около 10 % он поступает в газотранспортную сеть и соответственно добавляется в КПГ. Стандартом Германии на КПГ DIN 51624 допустима примесь биогаза в случае, если при смешивании обеспечивается соблюдение нормативных требований. В перспективе возможно использование угольного метана, попутного газа нефтяных месторождений в качестве газомоторного топлива для газобаллонных автомобилей.

Компонентный состав КПГ допустимо определять по данным поставщика газа не реже одного раза в месяц, при использовании СПГ – по данным на поставленную партию газа. При введении добавок компонентный состав КПГ определяется

расчетным путем как среднее компонентов смеси: исходного газа и добавки.

По сложившейся мировой практике производители газовых двигателей для АТС требования к детонационной стойкости КПГ оценивают по метановой шкале. Метановое число выражает объемное содержание метана (%) в метано-водородной смеси, которая в стандартных условиях испытания двигателя показывает такую же детонационную стойкость, как и исследуемое газообразное топливо. Стандартом Германии на КПГ DIN 51624 регламентируется МЧ не менее 70. Планируют увеличить детонационную стойкость КПГ до 75 МЧ.

По ГОСТ 27577–2000 детонационную стойкость КПГ оценивают октановым числом, которое рассчитывают по закону аддитивности как средневзвешенное ОЧ по компонентам. Однако это дает только ориентировочное представление о реальной детонационной стойкости испытываемой пробы газа, так как закон аддитивности работает тем хуже, чем больше дополнительных компонентов входит в состав природного газа. Присутствие в составе природного газа инертных газов (CO_2 , N_2) существенно повышает его детонационную стойкость, что не учитывается в расчетной формуле.

Возможно, также следует регламентировать влажность КПГ, установив температуру точки росы (ТТР) на 5...10 °С ниже среднемесячной температуры для климатических условий эксплуатации данного региона. Это особенно актуально для России, две трети территории которой находятся в зоне холодного и очень холодного климата [6]. В стандарте США на КПГ SAE J1616:1994 установлена следующая норма – ТТР по влаге должна быть на 10 F (5,6 °С) ниже температуры самого холодного месяца в данном регионе. Аналогично нормируется ТТР стандартом Китая на КПГ GB 18047–2000 – она должна быть на 5 °С ниже температуры самого холодного месяца в данном регионе.

Установление экономически целесообразного уровня ТТР позволит снизить затраты на электроэнергию и оборудование для осушки в теплое время года, особенно в южных регионах.

Национальная нормативная база на КПГ должна быть приведена в соответствие с современными требованиями к его качеству, допустимыми добавками и новыми, вошедшими в практику, способами получения. С целью гармонизации с международным стандартом на КПГ ISO 15403 и стандартом Германии DIN 51624 требования к качеству компримированного газа, установленные в ГОСТ 27577–2000, следует дополнить по номенклатуре и сблизить с нормативными значениями упомянутых стандартов.

В действующем ГОСТ 27577–2000 на КПГ отсутствуют разделы «требования охраны окружающей среды», «транспортирование и хранение», а также содержатся ссылки на устаревшие нормативные документы.

Таким образом, назрела необходимость пересмотреть ГОСТ 27577–2000 и при разработке новой редакции устранить упомянутые недостатки.

Литература

1. Теремьякин П.Г., Латыпов А.И., Бутнев А.Б. Особенности конструкции газобаллонного автомобиля для серийного производства // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 2. – С. 63–69.
2. Электронный ресурс. <http://www.agnks.ru/auto/metanauto/>
3. МЕТАНинфо Германия: Состояние газомоторного рынка Электронный ресурс. <http://www.ngvrus.ru/>
4. Новый зонтичный бренд BlueMotionTechnologies Электронный ресурс. www.volkswagen.ru
5. Программа самообучения 425. Устройство и принцип работы. Газовое оборудование EcoFuel для двигателей TSI 1,4 л 110 кВт. Volkswagen Technical Site Электронный ресурс: <http://volkswagen.msk.ru> <http://vwts.info> <http://vwts.ru>.
6. Гнедова Л.А., Гриценко К.А., Лапушкин Н.А., Перетряхина В.Б., Федотов И.В. Нормирование влаго-содержания компримированного природного газа с учетом региональных климатических условий // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 2. – С. 66–68.

Требования к максимально допустимому содержанию серы в дизельном топливе и автомобильном бензине (Постановление РФ № 118)

Моторное топливо	Класс топлива			
	2	3	4	5
Дизельное топливо содержание серы, мг/кг производится до	500 31.12.2011	350 31.12.2011	50 31.12.2014	10 Срок не ограничен
Автомобильный бензин содержание серы, мг/кг производится до	500 31.12.2010	150 31.12.2011	50 31.12.2014	10 Срок не ограничен

Безопасность АГЗС: инженерные решения или административные барьеры?

М.С. Недлин,

зам. генерального директора ОАО «Гипрониигаз», к.э.н.,

Ю.Н. Вольнов,

начальник технического отдела, помощник технического
директора ОАО «Гипрониигаз»,

Р.П. Гордеева,

консультант по проектированию, строительству
и эксплуатации объектов СУГ ОАО «Гипрониигаз»,
технический директор ООО «Еврогалс»

В статье приводятся сведения о достоинствах сжиженных углеводородных газов, применяемых в качестве моторного топлива для автомобилей, прослеживается хронология изменения требований к проектированию автогазозаправочных станций (АГЗС) с начала их появления в России в 70-х гг. прошлого столетия и по настоящее время. Указаны основные проблемы, возникшие при проектировании АГЗС после введения в действие федерального закона № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Проанализированы факторы аварийных ситуаций на АГЗС, основным из которых является человеческий фактор (недостаточная обученность персонала, пренебрежение правилами техники безопасности, несоблюдение требований пожарной безопасности). Сделан вывод о возможности снижения аварийности на АГЗС при повышении исполнительской дисциплины персонала и ужесточении контроля со стороны надзорных органов.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ (СУГ), АГЗС, анализ риска, авария, декларация пожарной безопасности, специальные технические условия, пожарные депо.

AGZS safety: are there engineering decisions or administrative barriers?

M.S. Nedlin, Yu.N. Volnov, R.P. Gordeyeva

The information of liquefied hydrocarbon gases, used as motor fuel for cars are given, chronological changes of requirements for car gas refueling stations (AGZS) from the beginning of their appearance in Russia in seventies of the last century and up to present time are retraced. The main problems appeared during AGZS design after introduction of the Federal Law of 22.07.2008 № 123-FZ «Technical regulations for fire safety requirements».

The factors of emergency situations at AGZS, where the main one is a human factor (insufficient staff training, neglecting the rules of safety precautions, non-observance of fire safety requirements) are analyzed. The conclusion of possibility for damage lowering at AGZS by rising efficient discipline of the staff and toughening the control on the part of supervision bodies is drawn.

Keywords: Liquefied hydrocarbon gas, AGZS, risk analyses, damage, fire safety declaration, special technical regulations, fire station.

В настоящее время никого не надо убеждать, что сжиженные углеводородные газы – это отличное моторное топливо, позволяющее получать более устойчивое и спокойное его сжигание, а отсутствие смыва со стенок цилиндров и выгорания газа, возможность увеличения КПД двигателя, улучшение экологических показателей выхлопных газов – это далеко не полный перечень преимуществ СУГ в сравнении с бензинами. Этот сегмент рынка СУГ пока еще не очень велик (5-7 % общего производства СУГ). В настоящее время на этот вид топлива переведено примерно 10 % автомобилей, что ничтожно мало, особенно на фоне все дорожающего бензина.

Почему же тормозится развитие сети АГЗС в нашей стране? Что это: нежелание вкладывать деньги в нестабильный рынок или боязнь административных барьеров на пути строительства АГЗС?

Попробуем разобраться с этим вопросом с учетом хронологии изменений требований по размещению АГЗС с начала их появления и по настоящее время, не затрагивая другие проблемы проектирования АГЗС (пожаротушение, допустимый комплекс зданий сервисного обслуживания, размещение одностенных резервуаров на многотопливных АЗС и т.д.).

Первые автогазозаправочные станции СУГ (ранее они назывались автомобильные наполнительные станции – АГНС) начали появляться в 70-х гг. прошлого столетия, но их число было незначительным, так как стоимость бензина в то время была сопоставима со стоимостью газированной воды, и не было настоящей потребности применять альтернативное топливо.

Впервые требования к проектированию АГНС появились в СНиП II-37-76 «Газоснабжение. Внутренние и наружные устройства», согласно которым максимальная вместимость резервуаров АГНС составляла 100 м³, единичная – 25 м³,

предусматривалась только подземная установка резервуаров, а расстояние до зданий и сооружений, не относящихся к АГНС, составляло 40 м.

В дальнейшем данный СНиП был заменен СНиП 2.04.08–87 «Газоснабжение», АГНС заменили на АГЗС, было разрешено использовать передвижные АГЗС, размещаемые на расстоянии 20 м от зданий и сооружений различного назначения, резервуары на стационарных АГЗС было разрешено устанавливать как в подземном, так и в надземном вариантах, максимальная вместимость резервуаров при подземной установке составляла 100 м³, при надземной – 50 м³, расстояния до зданий и сооружений, не относящихся к АГЗС, составляли 40 м от подземных и 80 м от надземных резервуаров.

Конечно, число АГЗС было несравнимо меньше, чем в настоящее время, однако оборудование выпускалось в заводских условиях с эксплуатационной документацией, персонал АГЗС был обучен и аттестован, что практически исключало пожары и взрывы на этих объектах, а незначительные аварии всегда были связаны с недостаточным контролем за работой персонала АГЗС.

Все изменилось с выходом НПБ 111–98* «Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности», с введением которых резко ужесточились требования к размещению АГЗС и конструкции резервуаров и газопроводов: сократилась общая и единичная вместимость резервуаров АГЗС; взамен одностенных, эксплуатировавшихся десятилетиями без аварий, связанных с разгерметизацией стенок резервуаров, появились двустенные резервуары и газопроводы; площадка автоцистерны дополнительно оборудовалась системами вентиляции и орошения с автоматическим включением; вместимость противопожарных резервуаров увеличилась до 200 м³ и т.д. По-видимому, авторы НПБ исходили из 100%-ной

презумпции виновности собственников АГЗС, когда заведомо ставили их в невыгодные условия по сравнению с собственниками АЗС.

После длительных обсуждений и переговоров специалистов ГУ ГПС с заинтересованными организациями (Госгортехнадзор, Росгазификация, ОАО «Гипрониигаз», ОАО «МосгазНИПРОЕКТ» и др.) ВНИИПО были разработаны изменения к НПБ 111–98* № 2, которым разрешалось применение одностенных резервуаров на АГЗС при условии выполнения более жестких требований по их размещению, и № 3, согласно которому предусматривалось применение только серийно выпускаемых технологических систем, имеющих технико-эксплуатационную документацию (ТЭД), согласованную в установленном порядке. Введенным в действие изменениями № 3 практически запрещалось применение предусмотренных проектом технологических систем АГЗС, смонтированных на месте из комплектующих изделий и оборудования.

При разработке ТЭД на технологические системы, выпускаемые различными организациями, были предусмотрены дополнительные меры безопасности (компенсирующие мероприятия), что позволило сократить противопожарные расстояния, в том числе и для АГЗС с одностенными резервуарами, по сравнению с НПБ 111–98*.

С учетом того, что в соответствии с изменением № 3 должны применяться только технологические системы, имеющие ТЭД, для исключения разночтений между требованиями ТЭД и НПБ 111–98* таблицы с противопожарными расстояниями должны быть удалены из НПБ 111–98*, так как они вошли в противоречия с противопожарными расстояниями, приведенными в ТЭД на различные технологические системы. Это не было сделано, что привело в настоящее время к серьезным разногласиям с экспертами

государственной экспертизы. Эксперты требуют при проектировании АГЗС соблюдение требований НПБ 111–98*, а не ТЭД, хотя в письмах-согласованиях ГУ ГПС и ДНД указано, что ТЭД является нормативным документом при проектировании АГЗС для конкретной технологической системы (что не противоречит изменению № 3 к НПБ 111–98*).

Кроме этого, с выходом Федерального закона № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» при проектировании АГЗС возникли следующие основные проблемы:

- в части решения вопроса о необходимости выполнения расчетов пожарного риска в составе декларации пожарной безопасности;
- в части определения расстояний от пожарного депо до АГЗС.

Согласно ст. 6 Федерального закона № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. требуется составление декларации пожарной безопасности для объектов независимо от массы опасного вещества, обращающегося на объекте (без указания порогового количества опасных веществ – 200 т). Пороговое количество вещества приведено в табл. 1 ГОСТ Р 12.3.047–98 и табл. 2 Федерального закона № 116-ФЗ от 21 июля 1997 г. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». В то же время п. 3 ст. 6 разрешается не проводить расчет риска, если выполнены все требования технических регламентов и нормативной документации.

По данному вопросу также возникают разночтения с экспертами, которые требуют проведение расчетов риска в любом случае, при этом рассматриваются сценарии аварийных ситуаций при полной разгерметизации надземных резервуаров и автоцистерн, которые на практике почти не встречаются (за исключением террористических актов). Противопожарные расстояния, полученные при расчетах пожарных рисков при этих

условиях, превышают расстояния, приведенные в ТЭД и НПБ 111–98*. Таким образом, теряют смысл все противопожарные расстояния, приведенные в нормативных документах, а размещение АГЗС с учетом расстояний, полученных при расчетах пожарных рисков, приводит к финансовым потерям за счет необоснованного увеличения зон отчуждения земли вокруг АГЗС, тем самым сдерживая развитие сети АГЗС.

Необходимо также отметить, что после сдачи АГЗС в эксплуатацию органы исполнительной власти отводят участки земли вокруг АГЗС для строительства автомобильных салонов, магазинов, СТО и т.д., не соблюдая при этом нормируемые противопожарные расстояния, что вообще сводит на нет соблюдение их при проектировании АГЗС.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что при проектировании АГЗС следует соблюдать требования действующего ГОСТ Р 12.3.047–98, согласно которому (ст. 4.1 и 6.2) при массе вещества менее 200 т следует выполнять анализ пожарного риска, а не расчет пожарного риска (на АГЗС количество вещества всегда менее 25 т). Кроме этого, следовало бы в Федеральном законе № 123-ФЗ указать, что при наличии отступлений от требований нормативной документации следует разрабатывать специальные технические условия (как по п. 8 ст. 6 Федерального закона № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. «О безопасности зданий и сооружений») и в них выполнять расчет пожарного риска. В остальных случаях расчет пожарного риска не должен требоваться.

Другой серьезной проблемой, связанной с размещением АГЗС, являются требования ст. 76 Федерального закона № 123-ФЗ о наличии пожарных депо, обеспечивающих время прибытия первого пожарного расчета в течение 10 мин в городских поселениях и городских округах

и 20 мин – в сельских поселениях. В данном случае непонятно требование экспертов о наличии пожарного депо при размещении АГЗС на автодороге вне поселений на значительных расстояниях от них. Такие АГЗС не представляют угрозы для третьих лиц и их имущества, но руководствуясь ст. 76 Федерального закона № 123-ФЗ эксперты требуют решения данного вопроса.

При выделении участков земли под строительство АГЗС исполнительная власть зачастую вводит бизнес в заблуждение, не ставя претендентов в известность об отсутствии в районе строительства АГЗС пожарного депо. Это выясняется при проектировании, и каждый выходит из положения, как может. Но требование о строительстве пожарного депо в поселении (городском или сельском) является непосильным бременем для бизнеса. Эти вопросы должны решаться за счет бюджета, а органы, в ведении которых находится отвод участков, должны нести ответственность за их выделение.

По прошествии 12 лет со дня введения НПБ 111–98* можно сделать вывод, что существующие требования к размещению АГЗС явно избыточные, а основными факторами, влияющими на потенциальную возможность возникновения аварий (по результатам анализа аварий, приведенных в интернете) на АГЗС, являются:

- недостаточная обученность персонала и его низкая квалификация;
- несоблюдение техники безопасности, правил пожарной и промышленной безопасности, инструкций по эксплуатации технологического оборудования;
- недостаточное соблюдение требований по проведению технического обслуживания, ремонта и других регламентных работ на технологическом оборудовании;
- недостаточный контроль руководителей объектов и надзорных

органов за техническим состоянием оборудования АГЗС и работой персонала.

Таким образом, основным фактором возникновения аварий является человеческий фактор.

Если исходить из числа аварий, возникающих на автомобильном, железнодорожном и авиационном транспорте, а также связанных с человеческим фактором, то логично было бы, исходя из ужесточения требований к АГЗС, запретить использование этих видов транспорта. Но так как это сделать невозможно, то практикуется повышение штрафов, лишение водительских удостоверений и т.д. По аналогии снижение аварийности на АГЗС возможно при повышении исполнительской дисциплины персонала и ужесточении контроля со стороны надзорных органов.

Следует отметить отсутствие согласованных позиций у надзорных ведомств (Ростехнадзор) и федеральных государственных учреждений (ВНИИПО, МЧС) в части регламентирования некоторых требований к АГЗС:

- согласно п. 5.9.16 ПБ 12-609–03 разрешено наполнение бытовых баллонов от передвижных АГЗС, а п. 1 Приложения 6 НПБ 111–98* запрещено наполнение любых баллонов, кроме автомобильных;
- в НПБ 111–98* предусматривается ограждение только складской площадки, а в СП 62.13330.2011 – ограждение вокруг АГЗС и т.д.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что существует много «белых пятен» и разночтений в федеральных законах и нормативной документации, без устранения которых невозможно обеспечить необходимый и достаточный уровень пожарной безопасности. Поэтому назрела насущная необходимость разработки СП на проектирование АГЗС, в которых были бы учтены специфические требования АГЗС с учетом опыта их проектирования и эксплуатации.

Содержание загрязняющих веществ в пассажирских помещениях и кабинах АТС

З.Ю. Булычева,
ведущий научный сотрудник НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ», к.х.н.

Приводятся обоснования для введения национального стандарта по определению содержания загрязняющих веществ в воздухе пассажирского помещения и кабины автотранспортных средств (АТС), данные о влиянии загрязняющих веществ на здоровье водителя, пассажиров, на безопасность вождения. Дается обоснование для введения номенклатуры и критериев оценки содержания загрязняющих веществ в воздухе кабины и пассажирского помещения АТС, а также перечень типов двигателей, в отношении которых осуществляется проверка. Описываются основные этапы работы по усовершенствованию метода испытаний, условий проведения испытаний, этапов пробоотбора и обработки проб, регламентируются методы измерения, требования к средствам измерений и метрологическому обеспечению измерений.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, автотранспортные средства, кабина и пассажирское помещение, номенклатура, предельно допустимые концентрации (ПДК), методы испытаний и измерений, токсическая опасность, оксиды углерода и азота, формальдегид, углеводороды C1-C7, моторные топлива.

Content of pollutants in the air of passenger compartment and cabin of motor vehicles

Z.Yu. Bulycheva

Motivations for the introduction of a national standard for determining the content of pollutants in the air of passenger compartment and driver cabin of motor vehicles are given. Data about the impact of pollutants on the health of driver, passengers, the safety of driving are reported. The foundation for the introduction of the nomenclature of pollutants and assessment criteria for determination the content of pollutants in the air of passenger compartment and driver cabin of motor vehicles are given, as well as types of verifiable engines are reported. The basic stages of work – test method, test conditions, stages of sampling and sample handling, places of sampling are processed. Required methods of measurement, the requirements for gas analytical instrumentation and for metrological support of measurements are described.

Keywords: pollutants, motor vehicles, passenger compartment and driver cabin, the maximum allowable concentrations of pollutants, test methods and measurements, toxic danger, carbon and nitrogen oxides, formaldehyde, hydrocarbons C1-C7, measurements, gas analytical instrumentation, motor fuels.

Как известно, в Российской системе сертификации существует ряд национальных стандартов, обязательных для исполнения на территории РФ. Один из них регламентирует методы испытаний и критерии оценки содержания загрязняющих (вредных) веществ (ЗВ) в воздухе пассажирских помещений и кабин автотранспортных средств.

Необходимость введения такого стандарта для отечественного автомобилестроения очевидна, поскольку в течение многих лет при отсутствии конкурентной борьбы за качество продукции сложилось так, что ряд характеристик автомобилей, отшлифовывающихся в условиях западной конкуренции, – таких, например, как герметичность кузова и кабины, выпускной системы, конструкция топливного бака и наливной горловины, качество различных уплотнений и др. – не являлись главными показателями. Вследствие чего достаточно часто отмечались случаи проникновения внутрь автомобиля значительных количеств ЗВ из систем самих АТС, создававшие опасность для здоровья водителя и пассажиров [1].

Проблема ухудшения самочувствия водителя и пассажиров во время дорожного движения, несмотря на более высокое качество изготовления автомобилей и низкий уровень токсичности, отмечена многими исследователями не только в России [2], но во многих промышленно развитых странах Европы, Азии и Америки. Задача улучшения качества воздуха во внутреннем пространстве автомобиля в последние годы становится актуальной и важной для автопроизводителей многих крупных фирм (BMW, Audi, Volvo, Ford и многие другие) [3]. В результате такой деятельности на рынке появляются модели автомобилей, оснащенные

Таблица 1

Показатели вредного воздействия нормируемых загрязняющих веществ на организм человека [7]

Вредное вещество	Концентрация в воздухе, мг/м ³	Длительность воздействия, мин	Симптомы	Токсикологическая характеристика
CO	6	25	Снижение цветовой и световой чувствительности глаз	Кровяной яд, вытесняет кислород из гемоглобина крови
CO	30	180	Снижение точности зрительного восприятия пространства и ночного зрения	
CO	50–60	120	Снижение слуха, изменение ЭКГ	
NO ₂	0,14	5	Порог изменения светочувствительности глаз	Раздражающее и прижигающее действие на дыхательные пути
NO+NO ₂	12	25	Раздражение слизистых глаз и носа, уменьшение диффузии CO ₂ в легких	Сильные наркотики индифферентного действия, смогообразующие реагенты
CH	300	Несколько часов	Наркотическое воздействие, неустойчивость реакций нервной системы	

фильтрами различных конструкций, предназначенными для очистки воздуха в пассажирском помещении и кабине [4].

Другая, не менее важная сторона вопроса связана с безопасностью дорожного движения. Известно, что условия труда водителей требуют постоянной концентрации внимания к меняющимся условиям вождения, готовности избежать дорожно-транспортных

аварий, ответственности за жизнь всех участников движения, однако через достаточно короткое время у водителей появляются отрицательные реакции: усталость, сонливость, раздражение глаз и носоглотки, головная боль, снижение реакций [5, 6].

Как известно, значительную часть отработавших газов, образующихся при сгорании топлив и попадающих в воздух пассажирского

помещения (кабины), составляют оксид углерода (CO), оксиды азота (NO, NO₂), углеводороды различных классов CH. Присутствие загрязняющих веществ внутри автомобиля резко ухудшает адаптивные реакции организма человека, в результате чего снижаются устойчивость, концентрация и переключение внимания до 10,5 %, а выносливость мышц кисти – до 26 % [3].

Таблица 2

Номенклатура, предельно допустимые концентрации ЗВ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения

Загрязняющее (вредное) вещество	ПДК _{мр} ЗВ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения АТС, мг/м ³	Типы двигателей, по которым осуществляется проверка
Формальдегид CH ₂ O	0,035	3, 4, 5
Диоксид азота NO ₂	0,2	1, 2, 3, 4, 5
Оксид азота NO	0,4	1, 2, 3, 4, 5
Оксид углерода CO	5,0	1, 2, 3, 4, 5
Углеводороды предельные C ₂ H ₆ – C ₇ H ₁₆ метан CH ₄	50* 50*	1, 2, 3 3, 5

Примечание. Типы двигателей: 1 – с искровым зажиганием, работающие на бензине; 2 – с искровым зажиганием, работающие на сжиженном углеводородном газе (СУГ); 3 – с искровым зажиганием, работающие на компримированном природном газе (КПГ); 4 – с воспламенением от сжатия (дизели); 5 – с воспламенением от сжатия, работающие на смешанном топливе (дизельное топливо + КПГ); * – значения ОБУВ в соответствии с ГН 2.1.6.1139–03

Практически все водители отмечают ухудшение здоровья и усталость к концу рабочего дня (табл. 1).

Очевидно, что задача снижения концентрации ЗВ в пассажирском помещении (кабине) автомобиля особо важна в настоящее время. Одним из аспектов этой работы являются испытания конструкций (кузов, кабина) автомобилей в части оценки степени проникновения ЗВ во внутреннее пространство испытуемого автомобиля, образующихся при сгорании топлива в двигателе и испарении топлива и смазок из его систем.

Разработка нормативно-методических материалов в этой области проводилась в течение ряда лет в направлениях оптимизации метода испытаний, уточнения номенклатуры определяемых ЗВ, нормативных требований и методов их оценки, подбора газоаналитического оборудования, позволяющего с требуемой точностью проводить измерения ЗВ. В результате этих работ был разработан ГОСТ Р 51206 «Автотранспортные средства. Содержание вредных веществ в воздухе салона и кабины. Нормы и методы определения», действующий в редакциях 1998 и 2004 гг.

В настоящее время современный автомобиль следует рассматривать не как рабочее место в производственном помещении, а как среду обитания, в которой осуществляется жизнедеятельность современного человека. Соответственно, и требования по содержанию вредных веществ в воздухе пассажирских помещений и кабин АТС всех категорий должны предъявляться, исходя из нормативов к среде обитания (атмосферный воздух).

Такого же мнения придерживаются и гигиенисты. Вследствие вышеизложенного во вторую редакцию ГОСТ Р 51206 были введены

более жесткие нормативы по качеству воздуха во внутреннем пространстве АТС (табл. 2).

В подготавливаемой третьей редакции ГОСТ Р 51206, планируемой к введению с 2012 г., регламентируются метод испытаний по определению содержания загрязняющих (вредных) веществ и методы их измерений в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения. Номенклатура и нормы (предельно допустимые максимально разовые концентрации – ПДК_{мр}), соответствующие требованиям гигиенических нормативов ГН 2.1.6.1338–2003, ГН 2.1.6.1339–2003, а также уточненный по отношению ко второй редакции ГОСТ Р 51206 перечень типов испытуемых двигателей, по которым осуществляется проверка, приведены в табл. 2.

В ходе подготовки второй редакции ГОСТа была уточнена номенклатура определяемых ЗВ, в частности, по оксидам азота. В атмосферном воздухе осуществляется раздельное нормирование оксида азота NO и диоксида азота NO₂. По существу, это необходимо, так как оксиды азота имеют различные степени опасности: NO₂ – вторую, NO – третью.

При нормировании углеводородов важно было установить спектр наиболее характерных углеводородов, которые значимо, на уровне не менее 0,1 ПДК_{мр} (3...5 мг/м³), присутствуют как в отработавших газах, так и в воздухе кабин и пассажирских помещений АТС.

С этой целью были проведены испытания по изучению углеводородного состава отработавших газов и воздуха в пассажирских помещениях и кабинах АТС, работающих на различных видах моторных топлив (бензиновых, дизельных, газовых).

По результатам испытаний более 50 АТС, работающих на различных

видах топлива, были установлены некоторые закономерности (табл. 2). Так, качественный углеводородный состав с концентрациями выше 2...3 мг/м³ в воздухе пассажирских помещений и салона АТС включал, в основном, углеводороды нормального строения C₁–C₇, которые в зависимости от технического состояния испытуемого автомобиля находились на уровне от 0,05...1,5 значений ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ).

На основании проведенных испытаний представляется вполне обоснованным введение более жесткого норматива, равного 50 мг/м³, в качестве критерия нормирования предельных углеводородов C₁–C₁₀ в воздухе пассажирских помещений и кабин АТС.

Углеводородный состав отработавших газов при работе на КПП несколько отличался от состава отработавших газов бензиновых двигателей и дизелей. Около 90 % всех углеводородов приходится на метан, а другие углеводороды на всех режимах испытаний присутствуют в следовых количествах, незначительных с точки зрения нормирования. Вследствие этого в воздухе пассажирских помещений и кабин АТС, работающих на КПП, представляется целесообразным ввести только нормирование метана с ПДК, равной 50 мг/м³.

В редакцию ГОСТ Р 51206–2004 в номенклатуру определяемых ЗВ введен формальдегид (вместо акролеина). Многочисленные исследования, в том числе собственные, показали, что в отработавших газах дизелей содержание формальдегида на порядок больше, чем других альдегидов (акролеин, ацетальдегид, пропионовый альдегид и др.), а по своей токсической опасности он превышает опасность

перечисленных альдегидов, так как обладает канцерогенными свойствами [8, 9].

В третьей редакции ГОСТ Р 51206, намечаемой к выпуску в 2012 г., пересмотрены все его разделы и внесены следующие изменения.

- Изменено название ГОСТа.
- Сделаны редакционные уточнения в разделе 1 «Область применения».
- Пересмотрен раздел 3 «Определения, обозначения, сокращения», введены новые определения (пассажирское помещение, кузов, кабина водителя, спальное место, климат-контроль, экологический класс, средства измерений, методика выполнения измерений (МВИ), пробоотборные устройства, поглотительные емкости и концентраторы), дано новое понятие «типа ТС в отношении содержания ЗВ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения».
- В разделе 4 «Номенклатура и нормативные требования» изменено значение ПДК_{мр} для диоксида азота (NO₂) в соответствии с изменением в ГН 2.1.6.1338, уточнен и расширен перечень типов двигателей, в отношении которых осуществляется проверка (табл. 2).
- Переработано приложение Б «Метод испытаний по определению содержания ЗВ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения АТС» – уточнены и конкретизированы условия проведения испытаний, уменьшено предельное значение скорости ветра с 5 до 2,5 м/с, убран пункт, определяющий положение АТС и выпускной трубы относительно направления ветра, дана новая редакция раздела «Обработка и оформление результатов испытаний».
- Переработано дополнение 1 к приложению Б. В дополнение перенесен раздел «Методы измерений»,

введен порядок проведения прямых измерений (экспресс-анализ ЗВ), осуществляемый в соответствии с методиками, внесенными в эксплуатационную документацию. Приведены требования к нижнему и верхнему пределам измерений и установлен относительный предел допускаемой основной погрешности измерений ЗВ. В раздел «Места отбора проб и экспресс-анализа» добавлена точка измерения на спальном месте для АТС категорий М₂, М₃, N₂, N₃ и определены точки измерения ЗВ в АТС специального назначения категорий М₂С, N₂С. Добавлено описание процедуры отбора проб воздуха в мешки большой вместимости с целью последующего анализа отобранных проб на стационарном газоаналитическом оборудовании и уточнен порядок регистрации результатов анализа при длительном времени

экспозиции пробы в детектирующем устройстве.

В подготовленной новой редакции стандарта отражены современные требования к метрологическим характеристикам средств измерений и методикам выполнения измерений, внесены наиболее важные изменения в методику проведения испытаний, необходимость которых была выявлена в течение многолетних испытаний всего многообразия автомобильной техники отечественного и импортного производства.

Новая редакция ГОСТ Р 51206 является основополагающим стандартом, в соответствии с которым проводится оценка АТС на соответствие требованиям технического регламента о безопасности колесных транспортных средств (приложение 3, п. 3).

Литература

1. **Сайкин А.М., Шмидт Г.Р.** Проблемы очистки воздуха в салонах автомобилей. Улучшение эксплуатационных показателей ДВС / Межвузовский сб. науч. тр. – С.-Петербург–Киров: Российская академия транспорта, Вятская ГСХА, 2003. – С. 120-134.
2. **Douglas Dockery, et al.** An Association Between Air Pollution and Mortality in Six Cities // *New England Journal of Medicine*. – 1993, 329: 1755.
3. **Будкин А., Булычева З.** Фильтр противогоза не заменит // *За рулем*. – 1998. – № 10. – С. 37-39.
4. **Сайкин А.М., Евдокимов В.Д., Шмидт Г.Р.** Оценка герметичности кабин автотранспортного средства, эксплуатируемого в загрязненной атмосфере. Улучшение эксплуатируемых показателей ДВС / Межвузовский сб. науч. тр. – С.-Петербург–Киров: Российская академия транспорта, Вятская ГСХА, 2003. – 140 с.
5. III Всесоюзная конференция по автодорожной медицине. Тез. докл. Горький, 1989. – С. 143-150.
6. Проблемы автодорожной медицины / Сб. науч. тр. М., 1988. – С. 3-16.
7. Вредные вещества в промышленности. – М.: Химия. Т. 3. – С. 105, 250.
8. US Environmental Protection Agency (Office of Air Quality Planning and Standards) «Formaldehyde» Publication 50-00-0. United air Toxics Website, March 20, 2000.
9. **Звонов В.А. Козлов А.В., Теренченко А.С.** Оценка традиционных альтернативных топлив по полному жизненному циклу // *Автостроение за рубежом*. – 2001. – № 12. – С. 12-20.

Счетчики вместо норм

В.В. Московкин,

профессор НАМИ, ведущий научный сотрудник НИИАТ,
профессор МГУПИ, д.т.н.

Показаны принципиальные недостатки существующей системы нормирования и контроля выбросов вредных веществ автотранспортных средств. Разработан критерий, который будет стимулировать производителей к созданию идеального с точки зрения экологии автомобиля, а потребителей – к его приобретению.

Ключевые слова: экология, нормирование, выбросы вредных веществ у автотранспортных средств, автомобильный экологический налог.

Counters instead of norms

V.V. Moskovkin

Are shown fundamental deficiencies in the existing system of regulation and control of motor vehicles emissions. It is developed the criterion, which will stimulate manufacturers to creation ideal vehicles, from the ecological point of view, and consumers to its acquisition.

Keywords: ecology, regulation, motor vehicles emissions, the automobile ecological tax.

Ухудшение экологической обстановки в стране и в мире, а также принципиальные недостатки существующей системы нормирования и контроля выбросов вредных веществ (ВВВ) у автотранспортных средств (АТС) создают предпосылки для применения новой политики в государственном регулировании выбросов вредных веществ.

Регулирование ВВВ у нас и за рубежом осуществляется путем нормирования. Норма (руководящее правило) – это точка отсчета от достигнутого уровня или вынужденная мера.

Система нормирования создает условия для злоупотреблений. Иногда разработчики норм небезвозмездно устанавливают заведомо завышенную норму. Это могут быть и непреднамеренные ошибки, связанные с недостаточной квалификацией разработчиков норм. Известно, что

нормы ВВВ устанавливают даже те страны, которые никогда не имели собственной автомобильной промышленности: к примеру, Гонконг, Тайвань, Таиланд и др.

Нормы, которые используются в России для регулирования ВВВ у АТС, базируются на методиках, разработанных в Европе и США. Проведем их краткий анализ.

Легковые автомобили

К ним относятся все АТС массой до 3,5 т – автомобили «Ока», представительский ЗИЛ, «Лада» и маленький грузовик «Газель». Их расходы топлива и ВВВ могут отличаться в несколько раз, хотя установленные для них нормы ВВВ отличаются несущественно. Например, для оксидов азота, которые с учетом агрессивности и их количества приносят наибольший вред окружающей среде, текущие

допустимые нормы составляют 0,08 г/км для самых маленьких автомобилей с бензиновыми двигателями и 0,11 г/км для самых больших. Для автомобилей с дизелем – соответственно 0,25 и 0,39 г/км.

Контроль ВВВ осуществляется при испытании на барабанном стенде. При этом для всех АТС используется один и тот же ездовой цикл, поэтому их конструктивные особенности и индивидуальные свойства никак не учитываются. В результате, например, на автомобиле Ferrari F-50 с мощностью двигателя 382 кВт (520 л.с.) и шестиступенчатой коробкой передач (КП) вы обязаны ехать так же, как на автомобиле «Ока» с мощностью двигателя 22 кВт (30 л.с.) и четырехступенчатой КП.

Кроме того, стандартный испытательный тест позволяет настроить двигатель так, чтобы уложиться в установленную норму или получить высокие показатели по топливной экономичности нередко в ущерб для реальных режимов движения по дороге.

Замена массы автомобиля на инерционную массу барабана на стенде и искусственная разбивка последней по категориям не позволяют объективно оценить топливную экономичность автомобиля и ВВВ при неустановившихся режимах движения. Объясним на примере. Если при наличии двух одинаковых автомобилей (снаряженная масса 2050 кг) в один из них поместить радиоприемник, а на другой установить броню, то на основе стандартных исследований получим, что расход топлива и ВВВ в городском цикле изменятся на 3...5 % независимо от того, на сколько изменится снаряженная масса автомобиля на 1 кг или 1 т.

Фактически же при движении по городу 1 кг прироста массы не окажет заметного влияния на расход топлива автомобиля, в то время как 1 т увеличит его на 15...20 %.

Грузовые автомобили и автобусы

Для АТС массой более 3,5 т нормируются только ВВВ у двигателя, при этом единица измерения г/кВт·ч, используемая в этих нормах, не учитывает их абсолютное количество. Также вообще не учитываются такие параметры автомобиля как аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению шин, потери в трансмиссии, ее передаточные числа и др., влияние которых на топливную экономичность и ВВВ автомобиля часто превалирует над параметрами двигателя. Так, седельный тягач МАЗ на шинах 315/80 R 22.5 с восьмицилиндровым двигателем ЯМЗ при скорости 60 км/ч на высшей передаче имеет расход топлива 12,0 л/100 км, в составе автопоезда – 24,0 л/100 км, при установке на нем диагональных шин ИЯВ-12Б – 39,5 л/100 км. Если этот же двигатель ЯМЗ в 12-цилиндровом исполнении установить на самосвал БелАЗ, то расход топлива у последнего при скорости 5 км/ч на первой передаче составит около 700 л/100 км. При этом удельные расходы топлива и удельные ВВВ двигателя ЯМЗ остаются неизменными, поскольку практически не зависят от числа его цилиндров, параметров объектов, на которые он устанавливается, и режимов движения.

Таким образом, возникает парадоксальная ситуация: автомобили, укладываемые в установленные нормы, могут в единицу времени выбрасывать в атмосферу в десятки раз больше вредных веществ, чем те, для которых эти нормы оказались недоступными.

Несправедливость такого подхода покажем на конкретном примере. Если в небольшой водоем выливается стакан воды, содержащий 20 % нефти, то обитатели водоема могут и не заметить данного злодеяния. Однако, если вместо стакана вылить цистерну воды даже с вдвое меньшим содержанием нефти, то они погибнут. Отсюда

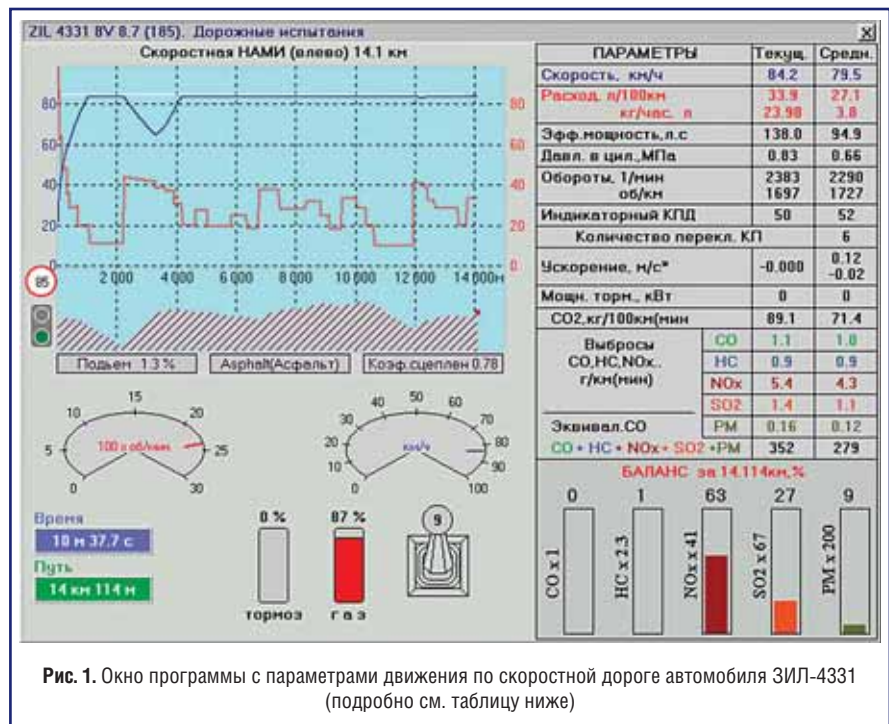


Рис. 1. Окно программы с параметрами движения по скоростной дороге автомобиля ЗИЛ-4331 (подробно см. таблицу ниже)

можно сделать вывод: для человека и природы совершенно безразлично, каковы удельные ВВВ, главное, чтобы абсолютные были как можно меньше.

Известен формальный, чисто экономический подход к данной

проблеме, который, по нашему мнению, неприемлем. Он предусматривает включение экологического налога в цену топлива. При увеличении цены топлива растет стоимость всех видов продукции и услуг, связанных

Параметры	Значение	
	Текущее	Среднее
Скорость, км/ч	84,2	79,5
Расход		
л/100 км	33,2	27,1
кг/час	23,98	—
л (за весь путь)	3,8	—
Эффективная мощность, кВт (л.с.)	101,5 (138,0)	69,9 (94,9)
Давление в цилиндрах, МПа	0,83	0,66
Частота вращения, мин ⁻¹	2383	2290
Угловая скорость, сек ⁻¹	249	240
Износ, км ⁻¹	1697	1727
Индикаторный КПД	50	52
Число переключений КП	6	
Ускорение, м/с ²	0	0,12/ -0,02
Мощность торможения, кВт	0	0
Выбросы CO ₂ , кг/100 км	89,1	71,4
Выбросы, г/км		
CO	1,1	1,0
HC	0,9	0,9
NO _x	5,4	4,3
SO ₂	1,4	1,1
ТЧ	0,16	0,12
Суммарные выбросы (CO + HC + NO _x + SO ₂ + ТЧ)	352	279

с автоперевозками. Щадящее увеличение цен на топливо не заставит автолюбителей, а тем более профессионалов отказаться от поездок. Увеличение цен в несколько раз отразится на конкурентоспособности отечественной продукции и жизненном уровне жителей, в том числе и тех, которые не имеют собственных автомобилей.

Серьезным недостатком данного налога является еще и то, что он не стимулирует, а скорее наоборот – отталкивает от применения устройств, снижающих ВВВ (нейтрализаторы, системы рециркуляции отработавших газов, дожигатели и т.п.). Во-первых, потому, что их не выдают бесплатно, во-вторых, они, как правило, увеличивают расход топлива. Кроме того, перевод легковых автомобилей и малотоннажных грузовиков на более дешевое дизельное топливо приведет к заполнению атмосферы городов вместо СО и СН в десятки раз более токсичными выбросами – NO_x, SO₂, ТЧ и т.п.

Призывы экономить топливо, электроэнергию, тепло, хлеб, выключать двигатель на остановках, устанавливать нейтрализаторы и т.п. часто не оказывают заметного действия. Например, в шестидесятые годы прошлого века хлеб в сфере общественного питания выдавался бесплатно. После отмены этого положения потребление хлеба сократилось в несколько раз.

Приведенные аргументы свидетельствуют о том, что существующие системы нормирования, чисто экономические методы и идеология непригодны для регулирования ВВВ. Эти выводы подтверждает мировой опыт, который показывает, что для регулирования потребления всех видов продукции, ресурсов и услуг нет ничего лучше экономических методов, которые используют счетчики электроэнергии, тепла, газа, воды и т.п. Например, хорошо известно, что расход воды при прочих равных усло-

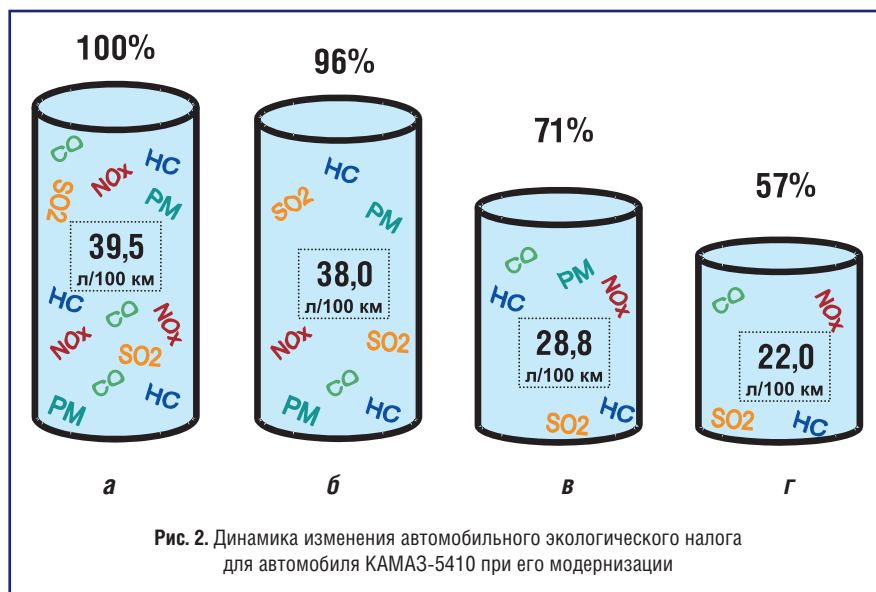


Рис. 2. Динамика изменения автомобильного экологического налога для автомобиля КАМАЗ-5410 при его модернизации

виях всегда значительно больше там, где отсутствуют ее счетчики. Именно счетчики лежат в основе автомобильного экологического налога (АЭН).

АЭН – это налог на конструкцию автомобиля. Он пропорционален количеству ВВВ с учетом их относительной агрессивности. Налог платит тот, кто создает продукцию, загрязняющую окружающую среду, и тот, кто ее использует. АЭН базируется на компьютерной программе МВК¹, которая позволяет с высокой точностью определить расход топлива и ВВВ у АТС в процессе движения его по установленному на основе статистических данных типизированному маршруту (городской, магистральный и т.п.). В отличие от испытательного теста автомобиль движется так, как ему позволяют его конструкция, правила и условия дорожного движения. Плата за ущерб, нанесенный окружающей среде АТС, определяется в зависимости от количества ВВВ и относительной агрессивности их компонентов. На рис. 1 показан фрагмент движения по скоростной дороге Дмитровского автополигона автомобиля ЗИЛ-4331. Средние и текущие значения параметров движения даны в таблице.

Автомобиль ЗИЛ-4331 проехал по скоростной дороге Дмитровского автополигона (круг длиной 14,1 км) при допустимой скорости 85 км/ч. На рис. 1 синяя линия отражает изменение скорости автомобиля, красная – расхода топлива.

В начальный момент он двигался на подъеме 1,3 % с постоянной скоростью 84,2 км/ч, ускорение равно нулю (таблица). Средняя мощность двигателя за пройденный маршрут составила 69,9 кВт.

Выбросы CO₂, создающие парниковый эффект, практически прямо пропорциональны расходу топлива.

От выбросов остальных веществ, приведенных в таблице, зависят расход топлива и ВВВ, и при этом они характеризуют некоторые важные свойства автомобиля: шум (угловая скорость коленчатого вала двигателя), износ агрегатов (число оборотов двигателя за каждый пройденный километр пути, число переключений в КП) и др.

Из-за отсутствия в настоящее время необходимого количества экологических характеристик ВВВ (СО, НС, NO_x и др.) рассчитываются по общим закономерностям, установленным на основе обработки ограниченного количества экспериментальных данных, полученных при испытаниях дизельных и бензиновых двигателей. В связи

¹ Московкин В.В., Парыгин С.П., Вохминов Д.Е. МВК программный пакет для комплексных исследований автомобиля // Журнал ААИ. – 2004. – № 1.

с этим в MBK корректно рассчитаны только те BVB, которые находятся в прямой зависимости от расхода топлива (Pb , SO_2 , CO_2 , и др.). При введении в MBK многопараметровых экологических характеристик можно будет рассчитать BVB с такой же высокой точностью, как и расход топлива.

Полученные в результате испытаний абсолютные значения BVB используются для вычисления суммарных выбросов (приведенных к CO) путем умножения каждой их составляющей на установленный для нее коэффициент агрессивности и последующего суммирования. Значения коэффициентов агрессивности показаны на столбиках, характеризующих приведенные BVB (см. рис. 1). Средние выбросы у автомобиля ЗИЛ-4331 составили 279 г/100 км. На основе полученных таким образом данных формируется АЭН на каждое конкретное АТС.

АЭН – корректен, социально справедлив и легко контролируется. Налог контролируется путем сопоставления перечня агрегатов, указанных в техническом паспорте АТС, с имеющимися в наличии при плановом или контрольном техосмотре. При этом он стимулирует постоянное совершенствование АТС производителями и потребителями, так как любое улучшение конструкции автомобиля или установка дополнительных устройств, снижающих BVB (аэродинамические обтекатели, шины прогрессивных конструкций, нейтрализаторы и т.п.), приводят к снижению налога.

В исходном варианте КАМАЗ-5410 имел расход топлива 39,5 л/100 км (рис. 2а). При установке аэродинамического обтекателя (рис. 2б) он снизился до 38 л/100 км, в результате уменьшился АЭН на 4 %. Дальнейшая модернизация автомобиля – установка шин прогрессивной конструкции (рис. 2в) и оптимизация параметров двигателя и трансмиссии (рис. 2г) – привели к дальнейшему снижению расхода топлива и соответственно величины АЭН.

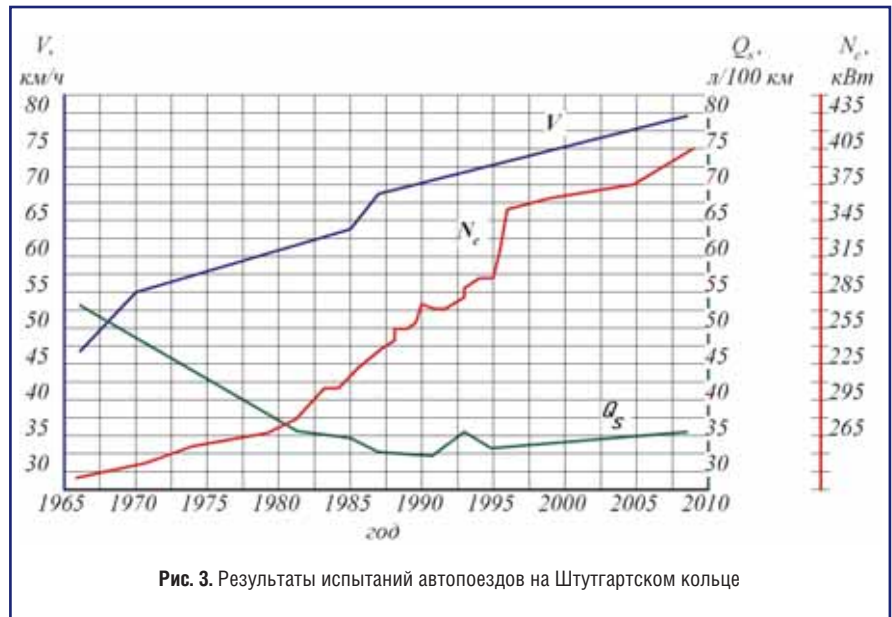


Рис. 3. Результаты испытаний автопоездов на Штутгартском кольце

АЭН – демократичен и не создает условий для злоупотреблений. Нет норм, значит, их нельзя завязать. Искусственная настройка двигателя на какой-то режим не может оказать заметного влияния на налог, так как на маршруте двигатель работает во всем рабочем диапазоне оборотов и нагрузок.

Налог имеет существенное преимущество перед другими аналогичными системами в точности оценки ущерба, наносимого АТС окружающей среде, и стоимости функционирования. Разработанная система позволяет учесть влияние на расход топлива и BVB даже самых незначительных конструктивных или эксплуатационных факторов, вызывающих как изменение сопротивления движению автомобиля, так и характеристик его двигателя, и быстро просуммировать их с высокой точностью. Для работы налоговой системы не требуется дорогостоящих исследований с использованием специальных устройств и стендового оборудования, кроме того, имеется возможность легко и доходчиво показать налогоплательщику резервы для снижения налога.

Из-за отсутствия в настоящее время необходимого количества экологических характеристик введение АЭН предполагается осуществить поэтапно. На первом этапе налог

будет устанавливаться пропорционально расходу топлива.

Для того, чтобы не увеличивать число налогов, АЭН следует ввести вместо транспортного налога, который некорректен, поскольку большинство конструктивных решений, направленных на повышение мощности двигателя, приводит к повышению скоростных свойств и снижению расхода топлива и, как следствие, – снижению BVB. Среди них – наддув двигателя, уменьшение его механических потерь, утепление камер сгорания, использование турбокомпаундных систем, улучшение смесеобразования и т.п. Имеется множество данных, подтверждающих наши выводы. Один из них приведен на рис. 3.

В заключение следует отметить, что АЭН в полной мере реализует принцип, заложенный в Экологической доктрине Российской Федерации (от 31 августа 2002 г. № 1225Р): «Загрязнитель должен платить за выбросы вредных веществ пропорционально их количеству и опасности, которую они представляют для окружающей среды и здоровья населения».

Введение АЭН в практику будет способствовать решению двух важнейших проблем современности – улучшению окружающей среды и сбережению энергоресурсов.

Резервное электроснабжение: проблемы и методы решения

Л.А. Жернов,
генеральный директор ООО «Химгазкомплект»

Представить современную жизнь без электроэнергии невозможно. Тем ощутимее становятся экономические потери, возникающие из-за перебоев электроснабжения. А они, «блэкауты» самого различного масштаба, будут происходить все чаще. Не будем говорить об износе, возросших нагрузках, отсутствии внятной энергетической стратегии – все это уже общеизвестно. Попытаемся определить пути возможных решений.

Reserve power supply: modern aspects of the problem and solution methods

L.A. Zhernov

It is not possible to imagine modern life without electricity. Economic losses arising from the interruption of electricity are becoming more and more essential. But “blackouts” of the various sizes will occur more often. There is no need to write again about tear and wear, increased load, lack of a distinct energy strategy – it is already known. let’s try to identify the ways to find possible solutions.

Электрогенератор – это агрегат, преобразующий в конечном счете энергию топлива в электрическую и представляющий собой установку, состоящую из двигателя (привода) и собственно генератора. В портативных мобильных устройствах узлы закреплены на простой трубчатой раме, легкой и не очень прочной. Более мощные агрегаты, предназначенные для стационарного использования, размещаются на станине.

Генераторы различаются по способу запуска на механические и автоматические. Первые – самые простые и заводятся непосредственно поворотом ключа самим пользователем. Генераторы с автоматическим включением представляют собой часть системы автоматического ввода резервного электропитания (АВР), реагирующей на изменения напряжения в основной сети.

Большинство генераторов для личного использования предназначено для резервного электроснабжения, призванного сгладить последствия довольно частых перебоев подачи энергии от муниципальных сетей.

Как уже отмечалось, по классу исполнения генераторы делятся на следующие:

- **Стационарные.** Они чаще всего имеют жидкостное охлаждение (радиаторы с антифризом). Мощность таких генераторов может достигать нескольких мегаватт. Высокий моторесурс обеспечивается использованием технологий производства промышленных двигателей.

- **Передвижные.** В них для удешевления применяются двигатели внутреннего сгорания (ДВС) с воздушным охлаждением. Ресурс таких электрогенераторов меньше в сравнении с теми, что предназначены для

промышленного использования. Но для электропитания в течение нескольких часов с учетом оптимального соотношения между ценой и производительностью передвижные электрогенераторы подходят как нельзя лучше. Их мощность варьируется от 0,5 до 300 кВт.

Главное – топливо

В зависимости от примененного ДВС электрогенераторы делятся на дизельные, бензиновые и газовые. Первыми были бензиновые агрегаты, задуманные как предельно мобильные устройства. В качестве силовой установки они обзавелись легкими и упрощенными двухтактными двигателями, работающими на смеси бензина с маслом. Моторесурс таких генераторов не превышает 1000 ч при продолжительности непрерывной работы не более 2...4 ч/сут.

Позже в бензогенераторах конструкторы применили тяжелые многоцилиндровые четырехтактные двигатели с большим моторесурсом – до 5000 ч при непрерывной работе 8 ч/сут. Очевидно, что с возрастанием мощности такие бензогенераторы перешли в класс стационарных, рассчитанных на постоянное базирование. Но в этом варианте они проигрывают дизельным агрегатам, наиболее популярным в настоящее время. Это отнюдь не означает, что они по всем параметрам лучше.

При всех достоинствах – сравнительно большом моторесурсе, низком расходе топлива, пожаробезопасности, разнообразии конструктивных решений и т.п. – дизельные генераторы во многом не отвечают современным требованиям экологической безопасности. Только нейтрализация продуктов сгорания дизельного топлива требует принятия серьезных и дорогостоящих мер! То же самое можно сказать и об уровне шума и вибраций.

Неудивительно, что постепенно область интересов рынка смещается в сторону генераторов, работающих на газе, как полностью отвечающих экологическим и эксплуатационным требованиям сегодняшнего дня.



Газопоршневой генератор FAS-10-OZP мощностью 10 кВт

Газовые двигатели внутреннего сгорания работают по классическому четырехтактному циклу, в котором важную роль играет степень сжатия топливной смеси. Антидетонационная способность топлива определяется октановым числом – чем оно выше, тем сильнее можно сжимать топливную смесь. Среднее октановое число газовых смесей 102...105 недостижимо для многих марок бензина.

Газовые двигатели устойчиво работают на обедненных смесях без возникновения детонации. Такие режимы позволяют значительно сократить выброс продуктов сгорания и сделать двигатель гораздо чище и тише, в том числе по уровню вибраций. Современные газовые ДВС снабжаются электронной системой подачи, автоматически регулирующей состав топливной смеси в зависимости от нагрузки. Такая гибкость работы газовых двигателей объясняет, почему ресурс автомобилей на газе в 1,5-2 раза выше дизельных и бензиновых. При сгорании газа образуется меньше твердых частиц и золы, вызывающих повышенный износ цилиндров и поршней двигателя. Кроме того, масляная пленка дольше держится на металлических поверхностях – ее не смывает жидкое топливо, и, наконец,

газ не вызывает коррозию металла.

И это еще не все. Традиционным двигателям присущи весьма токсичные выбросы, включая соединения свинца и сернистый газ. Последний при высоких температурах и повышенной влажности склонен к реакции образования паров сернистой и серной кислот – весьма агрессивных агентов, крайне нежелательных в любых обстоятельствах.

Любые ДВС выбрасывают в атмосферу примерно одинаковое

количество углеводородов. Но если у бензиновых и дизельных двигателей в выхлопах преобладают легко окисляющиеся этил и этилен (именно окисленные углеводороды оказывают самое сильное токсическое и канцерогенное влияние), то газовый двигатель выбрасывает метан, который из всех предельных углеводородов наиболее устойчив к окислению.

Электродвигатели, построенные на базе современных газопоршневых двигателей, принципиально не отличаются от традиционных систем (за исключением силовой установки) и состоят из двигателя, альтернатора (электродвигатель) и технологической обвязки – узлов управления и обслуживания. Возможность гибкой стабильной работы газовых ДВС позволяет применять генераторы любого типа, при этом следует руководствоваться прежде всего запросами потребителя, а не техническими параметрами конструкции. Так, в широкой гамме газовых генераторов присутствуют модели как с синхронными, так и с асинхронными альтернаторами, одно- и трехфазные. Кроме того, современные модели оснащаются стабилизаторами выходного тока, обеспечивающими самое высокое качество электроэнергии, и микропроцессорными узлами автоматического управления, мониторинга и контроля работы двигателя.



Когенерационная многотопливная установка для производства электро- и тепловой энергии

Не стоит забывать, что газовое топливо дешевле других видов горючего, и, соответственно, такая установка быстро окупается, а вырабатываемая электроэнергия имеет низкую себестоимость. КПД газовых генераторов может быть существенно повышен за счет утилизации теплоты газовых двигателей. Такой процесс производства одновременно электроэнергии и теплоты при сжигании топлива (когенерация) в последние годы приобретает все более широкую популярность.

Локальным системам электроснабжения (впрочем, и централизованным сетям тоже) свойственна неравномерная нагрузка, вызывающая необходимость принятия дополнительных мер. Так, продолжительная работа на минимальной нагрузке (25 % номинальной мощности и менее) вызывает нестабильность рабочего режима и сложность регулировки, а также быстрый износ, снижение моторесурса, неоправданное увеличение расхода топлива. В таких ситуациях целесообразно применять многоагрегатные системы. При подключении на общую шину суммарная пиковая мощность системы может быть существенно увеличена, что даст возможность компенсировать недостаточную мощность от основной электросети.

Многоагрегатные системы повышают надежность электроснабжения в целом. Если возможен неудачный запуск генераторного двигателя, который может привести к тяжелым для потребителя последствиям, то в действие вступают параллельные генераторы. Появляется возможность техобслуживания установок без остановки системы в целом. Применение многоагрегатных систем при значительных колебаниях нагрузки снижает эксплуатационные затраты на 25...35 % в сравнении с простыми генераторами.

Многоагрегатные генерирующие системы предоставляют ряд технических, эксплуатационных и экономических преимуществ. В полной мере реализовать их позволяют узлы управления – контроллеры, основные функции которых следующие:



Контроллер управления кластером (группой) газопоршневых генераторов

- «интеллектуальный» перевод системы в различные режимы – изолированный одиночный, изолированный параллельный, параллельный с сетью одного или нескольких агрегатов и т.д.;
- работа в режиме «горячего» резерва;
- ограничение пиковых нагрузок;
- распределение вырабатываемых энергопотенциалов с реализацией режимов совместной или распределенной генерации.

Конфигурирование, определение функций мониторинга и управления, коммутация входных и выходных линий осуществляются программными средствами. Контроллеры работают со всеми стандартными сетевыми и коммуникационными интерфейсами (CAN, RS-232, RS-485, Modbus RTU и др.) и гарантируют простую интеграцию в глобальные системы управления – от одного двигателя до целого завода.

Ведущие производители газовых электрогенераторов – концерн Kohler-SDMO, Generac, FG-Wilson и др. – постоянно совершенствуют продукцию, добиваясь высоких

показателей эксплуатации, надежности и производительности. Фактическим стандартом стали блоки регулирования и стабилизации выходного тока (типа PowerBoost фирмы Kohler, Generac PowerManager и др.), узлы автоматического запуска/остановки и коммутации с нагрузкой при отключении/восстановлении напряжения от внешней сети, устройства автоматического подогрева узла подготовки топливной смеси. Последнее очень важно для бесперебойной эксплуатации в российских условиях: зимой присутствие конденсата в топливе, причем не только в сжиженном газе, но и в дизельном топливе и бензине, ведет к появлению ледяных пробок в топливоподающих магистралях.

Подходить к выбору современных высокотехнологичных электрогенераторов следует обстоятельно, взвесив все аргументы и доводы. Поэтому целесообразно проведение небольшой технической экспертизы, которую лучше всего поручить специалистам. И весьма вероятно, что они посоветуют вам газовый генератор, преимущества которого уже не нуждаются в доказательствах.

НЕМЕЦКОЕ КАЧЕСТВО

ПРОПАН



ПРОПАН

**Современные комплексные
решения по транспортировке,
хранению, учету и продаже
сжиженного углеводородного газа**

• насосы • компрессоры • газораздаточные колонки • запорно-предохранительная арматура • счетные установки • газогенераторное оборудование • комплексы автоматизации • комплексы оборудования для систем автономного газоснабжения •

WWW.FAS.SU

узнайте подробнее у наших представителей



СТРОЙИНВЕСТ



(495) 647 0577 • (83145) 647 27 • (812) 335 4950

Водород как химический реагент для совершенствования показателей работы автомобильного двигателя с НВБ

В.М. Фомин, профессор РУДН, д.т.н.,
А.С. Платунов, аспирант РУДН

Анализируются проблемные вопросы, связанные с перспективой разработки отечественных автомобильных бензиновых двигателей нового поколения с внутренним образованием смеси, которые стимулируют необходимость поиска средств и новых технических решений, приемлемых для российской автомобильной промышленности. В качестве альтернативного варианта предложен метод совершенствования показателей работы двигателя данного типа, основанный на использовании водорода в качестве химического реагента.

Ключевые слова: нейтрализатор накопительного типа, послойное образование смеси, химический реагент, водород, регенерация нейтрализатора, реактор конверсии метилового спирта, продукты конверсии.

Hydrogen as a chemical reagent for perfection of parameters of work of the automobile engine with direct injection of gasoline

V.M. Fomin, A.S. Platunov

The problem questions connected with prospect of development of domestic automobile petrol engines of new generation with internal formation of a mix which stimulate necessity of search of means and the new technical decisions comprehensible to the Russian motor industry are analyzed. As an alternative variant the method of perfection of parameters of work of the engine of the given type, based on use of hydrogen as a chemical reagent is offered.

Keywords: neutralizer of memory type, level-by-level formation of a mix, a chemical reagent, hydrogen, regeneration of neutralizer, a reactor of conversion of methyl spirit, products of conversion.

Высокий уровень топливно-экономических показателей бензиновых двигателей с непосредственным впрыскиванием бензина (НВБ) стимулирует повсеместное стремление исследователей к их развитию и дальнейшему совершенствованию [1, 2]. В настоящее время на

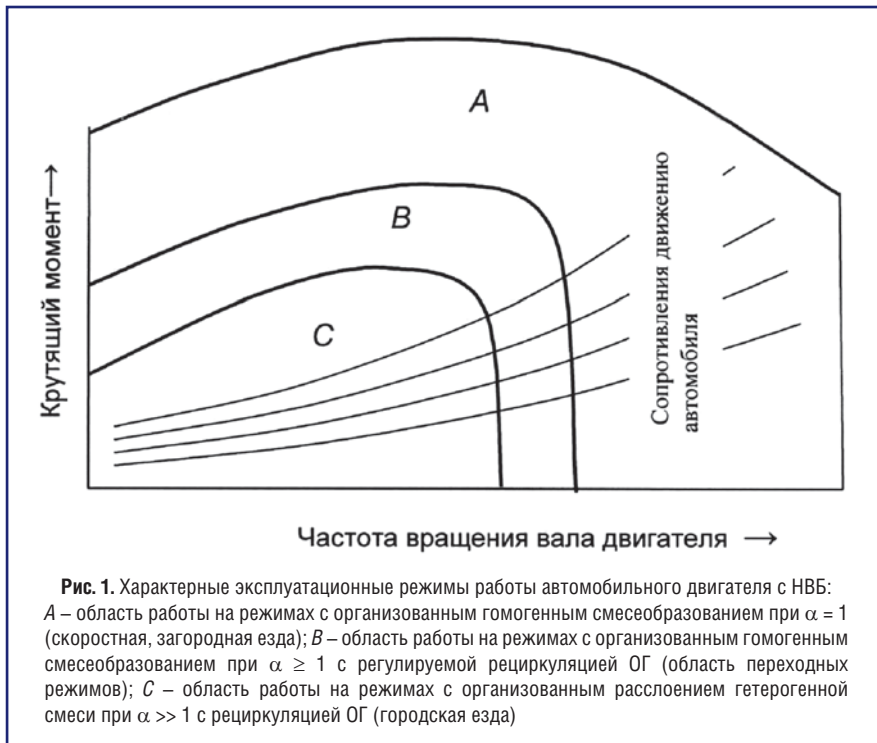
международном рынке четко прослеживается постоянно растущий спрос на легковые автомобили с этими ДВС. Отметим, что практически все современные автомобили фирмы Volkswagen, импортируемые Россией, оснащены двигателями с НВБ.

В целях ликвидации сложившегося отставания в данной области отечественного двигателестроения и повышения конкурентоспособности некоторые российские научные центры и производители, несмотря на скудное финансирование, проводят работы по разработке ДВС с НВБ. Наряду с финансовыми проблемами перспективы производства и внедрения ДВС с НВБ на отечественном автомобильном транспорте связаны также с решением целого ряда серьезных технических и технологических проблем.

1. Работа двигателя с НВБ на режимах частичных нагрузок, характерных для условий городской езды (рис. 1), с послойной организацией заряда ($\alpha \gg 1$) сопровождается выбросом в атмосферу оксидов азота вследствие потери восстановительной способности (нейтрализации NO_x) традиционного бифункционального нейтрализатора.

2. Для снижения выбросов NO_x серийных зарубежных ДВС с НВБ до уровня нормативных требований Евро-4 их изготовители вынуждены использовать дополнительную систему «вторичной» очистки накопительного типа, содержащую сорбционный аппарат (нейтрализатор- NO_x) и сложную схему управления. Нейтрализатор- NO_x с учетом его функционального назначения требует часто повторяющейся (примерно через каждые 60...70 с) регенерации, то есть удаления накопленных в нем соединений NO_x и серы при рабочей температуре свыше 650 °С. Проблема усугубляется низким качеством отечественного бензина, в частности, повышенным содержанием в нем серы, что проявляется в снижении эффективности нейтрализатора- NO_x , активной сульфатизации каталитического блока, необходимости более частого проведения регенерации. Кроме того, при многократном повторении полной десульфатизации катализатора уже не достигается.

3. Проведение постоянно чередующейся высокотемпературной



регенерации нейтрализатора сорбционного типа обуславливает необходимость резкого повышения температуры выпускных газов за счет кратковременного перевода двигателя на энергетически убыточный режим работы (угол зажигания $\sim 10^\circ$ после ВМТ, $\alpha < 1$), что негативно отражается на ресурсных и топливно-экономических характеристиках двигателя, а также на старении каталитического блока. Отечественный опыт показывает, что эксплуатация ДВС с НВБ в условиях российских дорог приводит к потере заявленной фирмой-изготовителем эффективности системы очистки по оксидам азота. Можно предположить, что в

этой ситуации проявляется пониженное качество российского бензина, но в любом случае для отечественных разработчиков перспективных ДВС с НВБ данная проблема потребует поиска адекватного решения.

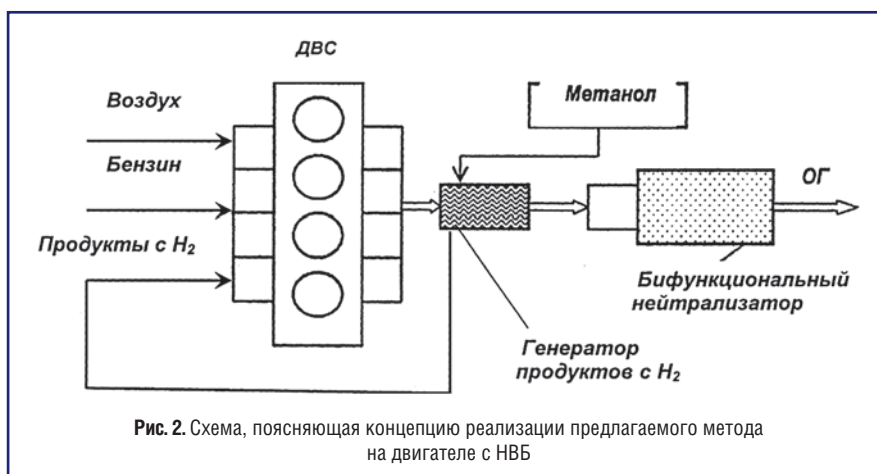
4. Нерешенными проблемами для этих двигателей по-прежнему остаются снижение жесткости работы (шум) и эмиссии твердых частиц до уровня перспективных стандартов на режимах работы с организацией расслоения гетерогенной топливно-воздушной смеси, что свойственно дизельному процессу.

5. Устойчивая работа двигателя с НВБ на режимах с послойной организацией заряда возможна

в ограниченной области (см. рис. 1) изменения режимных параметров. Это связано с тем, что с повышением нагрузки и частоты вращения коленчатого вала ДВС располагаемое время на смесеобразование сокращается, цикловая продолжительность этого процесса в условиях гетерогенного заряда увеличивается, и в предельном случае часть смеси может оказаться неподготовленной к сгоранию. Сгорание становится прерывистым, режим – неустойчивым [1, 2]. Опыт эксплуатации ДВС с НВБ показывает, что даже в условиях городской езды возникает необходимость кратковременного перевода работы ДВС с режима послойного на режим гомогенного смесеобразования (режимы ускорения автомобиля), что сопровождается потерей топливной экономичности. Понятно, что при расширении области устойчивой работы двигателя с послойным зарядом необходимость в частом переводе его на менее экономичную работу с гомогенным зарядом в условиях городской езды может быть снижена.

6. Современные зарубежные автомобили с двигателями с НВБ имеют относительно высокую стоимость, в том числе вследствие оснащения их дорогостоящими комбинированными системами нейтрализации. При отсутствии собственного производства систем очистки выпускных газов от NO_x накопительного типа с учетом их высокой стоимости и низкой надежности применение подобных систем на отечественном автомобильном транспорте малоперспективно. Поэтому поиск собственного адекватного по эффективности технического решения, способного заменить существующую зарубежную систему очистки ОГ, для перспективных отечественных двигателей с НВБ является актуальной необходимостью с учетом производственных возможностей и технологического состояния российского двигателестроения.

С учетом рассмотренного выше предлагается концепция, направленная на поиск рентабельного



(энергетически выгодный) метода решения обозначенного комплекса проблемных вопросов. В общем виде она может быть сформулирована следующим образом. С целью снижения содержания в ОГ NO_x до уровня, позволяющего исключить из общей структуры комбинированной системы очистки нейтрализатор- NO_x , к рабочему телу ДВС с НВБ при его переходе на режимы эксплуатации с послойной организацией смесеобразования добавляется химически активный реагент (рис. 2). При таком структурном преобразовании системы очистки ОГ автоматически исключается необходимость в организации высокотемпературных циклов для регенерации нейтрализатора- NO_x и энергетически убыточных режимов работы ДВС, и, как следствие, улучшаются топливно-экономические и ресурсные характеристики ДВС. Благодаря применению химического реагента дополнительно прогнозируются снижение шума и выбросов дисперсных (сажевых) частиц, а также расширение области эксплуатационных режимов двигателя с послойным зарядом.

Обоснование выбора химического реагента

В рамках реализации данной концепции предполагается использование синтезированного продукта с повышенным содержанием водорода в качестве химического реагента, обладающего уникальными физико-химическими свойствами, благодаря которым к настоящему времени повсеместно наметилось одно из сформировавшихся направлений применения водорода, а именно – его использование в различных комбинациях с углеводородными топливами [3-7]. Метод основан на известной способности водородного компонента в составе смесевой композиции к окислению (сгорание) в условиях существенно обедненной смеси благодаря тому, что энергия, необходимая для начала реакции окисления водорода, примерно в 10 раз ниже той,

Физико-химические свойства бензина и водорода

Свойства	Бензин	H_2
Молекулярная масса, кг/моль	117	2,015
Плотность, кг/м ³	670	0,086
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	44000	120085
Стехиометрическое соотношение воздух–топливо, кг/кг	14,95	34,2
Пределы воспламенения (объемная доля), %	1,2...6,0	4,0...75
Ламинарная скорость распространения пламени, м/с	0,37...0,43	1,9...2,7
Энергия воспламенения, мДж	0,25	0,02
Коэффициент диффузии, см ² /с	0,08	0,63
Толщина зоны гашения, мм	2,0	0,6

которая необходима для углеводородов (таблица).

Обогащение топливовоздушной смеси водородом можно рассматривать как метод направленного химического воздействия на экологические и кинетические показатели процесса сгорания. Результаты выполненных работ [3-7] показали, что реакционное влияние водорода столь велико, что при относительно небольших его добавках к горючей смеси представляется возможным реализовать такие показатели рабочего цикла, которые недоступны любому другому реагенту.

Водород обладает высокой скоростью диффузии, что обуславливает его способность за очень короткий промежуток времени образовывать с другими компонентами однородную смесь в цилиндре ДВС.

При горении водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) примерно в 5 раз меньше, чем у углеводородных топлив. Это свойство водорода предопределяет его высокую эффективность воздействия как химического реагента на кинетику сгорания смеси во всем объеме камеры сгорания (КС), включая ее периферийные зоны с обедненной смесью. Ясно, что полнота сгорания при этом возрастает, эмиссия токсических веществ снижается.

Однако при всех преимуществах водорода его широкое применение на транспорте в настоящее время сдерживается рядом объективных, еще не решенных проблем. Важным

фактором, стимулирующим широкое использование водорода, является фактор рентабельности. Современные дорогие и энергоемкие промышленные способы получения водорода, его компримирования или сжижения и транспортировки обуславливают существенные эксплуатационные затраты (более 2000 руб./кВт), которые делают водород пока еще не конкурентоспособным среди других видов энергоносителей. Существенной проблемой является отсутствие инфраструктуры производства и распределения водорода в необходимых количествах для его массового использования на транспорте.

Выход из этой ситуации может быть найден, если аккумулялирование водорода на борту автотранспортного средства (АТС) осуществлять в химически связанном состоянии в виде жидкого химического соединения. Более предпочтительными для применения в ДВС являются соединения, имеющие уровни температуры диссоциации и тепловых эффектов в эндотермических реакциях разложения (затраты тепловой энергии на преодоление внутримолекулярных связей), соизмеримые с температурно-энергетическим потенциалом ОГ на выпуске двигателя. В этом случае обуславливается реальная возможность утилизации «бесплатной» тепловой энергии ОГ для организации генерирования водорода, исключая необходимость в дополнительном источнике теплоты. С учетом этого энергетически выгодно использовать легкие гомологи предельных

углеводородов (алканы), низшие спирты, простые эфиры и др. Выбор сырьевого продукта для бортового генератора водорода является компромиссом, учитывающим доступность продукта и его массовое производство, температурные условия конверсии, содержание водорода, образующегося при конверсии, и стоимость.

Этиловый и особенно метиловый спирты являются весьма дешевыми и удобными носителями водорода и уже относительно давно применяются в транспортных двигателях в качестве основных или частичных заменителей традиционных топлив. При этом в перспективе, очевидно, не исключается возможность применения в качестве средства бортового аккумулирования (хранение) водорода и ряда других продуктов по мере расширения развития технологий их получения и снижения стоимости.

Целесообразность использования метанола в качестве такого средства обусловлена повышенным содержанием водорода (его молекулярная доля в соединении CH_3OH составляет 2/3). Массовый показатель среды аккумулирования водорода в виде жидкого метанола составляет порядка 8,5 кг/кг H_2 , то есть в 8,5 кг метанола содержится 1 кг водорода. Массовое содержание водорода в единице объема жидкого метанола почти в 1,5 раза превышает плотность жидкого криогенного водорода [4]. Для условий эксплуатации АТС важно также и то, что хранение водорода в химически связанном состоянии в жидкой среде обуславливает высокую безопасность АТС при аварийных ситуациях.

При формировании системы средств и технических решений, реализующих предлагаемую концепцию, были использованы хорошо зарекомендовавшие в исследовательской практике уже известные технологии изготовления бортовых генераторов водородосодержащего продукта. Эти технологии, разработанные в ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», МГТУ «МАМИ» и РУДН, были усовершенствованы

в последнее время с использованием результатов исследований, проведенных в рамках совместного сотрудничества в Институте катализа РАН и на Уральском химическом комбинате [3, 5, 6].

Анализ производительности бортовой системы генерирования водородосодержащих продуктов с учетом требований реализации предлагаемой концепции

Наибольшая глубина протекания химических реакций, обуславливающая максимальную степень конверсии φ_k метанола, может быть достигнута при определенном уровне энергетического состояния греющего теплоносителя (ОГ) и его температуры в реакционной камере реактора. Необходимость в интенсивном подводе тепловой энергии к реакционной зоне вызвана, прежде всего, проявлением высокого эндотермического эффекта реакции разложения метанола (4,2 МДж/кг). Тепловая энергия необходима также для организации и других вспомогательных этапов конверсионного процесса: на предварительное нагревание жидкого метанола до температуры кипения, его испарение, повышение температуры паров до уровня температуры диссоциации, а также на компенсацию неизбежных тепловых потерь в окружающую среду через стенки реактора. Анализ показывает [3, 5, 6], что общие затраты тепловой энергии на организацию полностью завершеного ($\varphi_k \sim 100\%$) процесса конверсии 1 кг метанола достигают 7 МДж.

По условию энергетического баланса располагаемая тепловая энергия греющего теплоносителя должна соответствовать энергии, затрачиваемой на организацию конверсионного процесса. Кроме того, современные катализаторы конверсии метанола обеспечивают условия полной конверсии ($\varphi_k \sim 100\%$) при рабочих температурах порядка 300 °С, что определяет минимально возможный рабочий уровень температуры

выпускных газов двигателя, ниже которого реализация эффективного конверсионного процесса невозможна.

Поэтому оборудование автомобильного двигателя с НВБ системой генерирования водородосодержащих продуктов вызывает необходимость выявления условий эффективной ее работы в зависимости от режимов работы ДВС с организованным послойным распределением заряда. При этом ключевым вопросом реализации принятой концепции является обеспечение ДВС необходимым количеством водородосодержащего реагента для предельного уровня снижения NO_x . Понятно, что максимально возможный массовый расход метанола G_m , а, следовательно, и водородосодержащего продукта через реактор зависит от энергетических возможностей теплоносителя, то есть разности энтальпий ОГ на входе и выходе реактора. Ранее была получена зависимость [5], устанавливающая функциональную связь между максимально возможной производительностью реактора при условии завершения конверсионного процесса G_m и режимными параметрами ДВС.

Было установлено, что производительность реактора возрастает с повышением нагрузочного и скоростного режимов ДВС вследствие увеличения расхода ОГ $G_{ог}$ и их температуры $T_{ог}$. Очевидно, отдельно взятому режиму при прочих равных условиях соответствуют определенные значения $G_{ог}$ и $T_{ог}$. Заметим, что в системе управления работой серийных ДВС с НВБ предусматривается штатная регистрация упомянутых выше параметров, а также моментов начала и завершения послойного смесеобразования, что облегчает организацию автоматического управления расходом водородосодержащих продуктов в системе питания ДВС. Ясно, что в этом случае нужно располагать конкретным алгоритмом управления расходом водородосодержащего продукта, который может быть функционально скоординирован с программой управления топливоподачей.

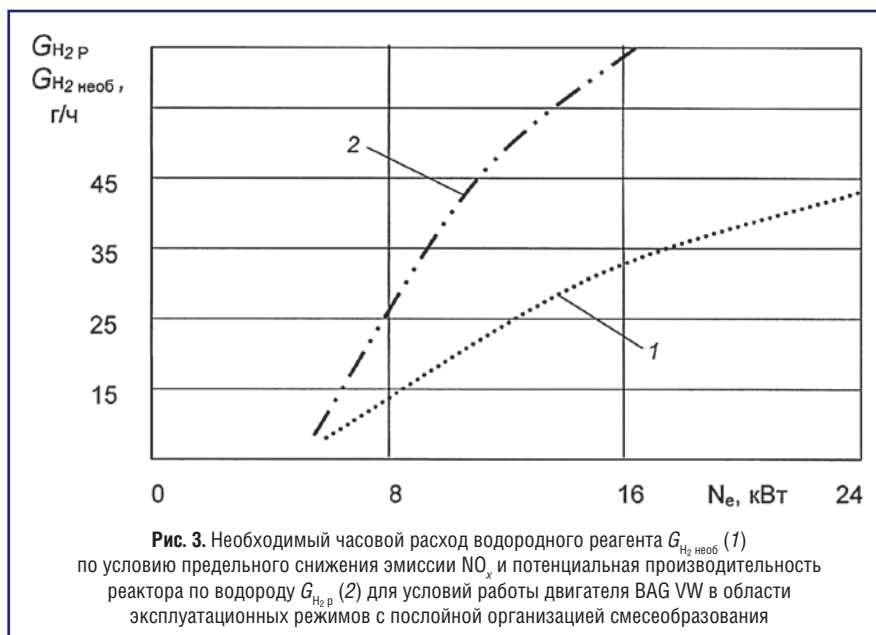
С учетом целевой задачи исследования производительность реактора конверсии по выходу водорода для конкретного режима работы ДВС должна совокупно удовлетворять:

- условию обеспечения необходимой добавки реагента к рабочему телу, обуславливающей максимально возможный уровень снижения эмиссии NO_x на любом эксплуатационном режиме работы ДВС с послышной организацией смесеобразования (необходимое условие);
- условию энергетического баланса конверсионного процесса с учетом достаточности располагаемой тепловой энергии ОГ для компенсации энергетических затрат на организацию эндотермических реакций конверсии (достаточное условие).

Проведена предварительная оценка с последующей экспериментальной корректировкой возможности удовлетворения этим условиям для всего диапазона изменения режимов работы двигателя с послышной организацией смесеобразования (см. рис. 1) применительно к объекту исследования – двигателю с НВБ типа BAG автомобиля Golf фирмы Volkswagen. Для этого ДВС в соответствии со штатной программой управления (Motronic MED 7.1.1. фирмы Bosch) установлен диапазон изменения характерных режимов работы с послышной организацией заряда в следующем интервале изменения среднего эффективного давления p_e и частоты вращения n :

- минимальный предельный режим: $p_e = 0,1$ МПа при $n = 1000$ мин⁻¹;
- максимальный предельный режим: $p_e = 0,4$ МПа при $n = 3000$ мин⁻¹.

Выбор оптимальной величины добавки реагента к рабочему телу – один из ключевых вопросов для успешной реализации концепции предлагаемого метода. Следует иметь в виду, что речь идет о процессах сгорания существенно обедненных смесей ($\alpha = 2,3 \dots 2,5$), и различное количество водородного реагента в их составе неоднозначно проявляется в кинетике протекания этого процесса. Если



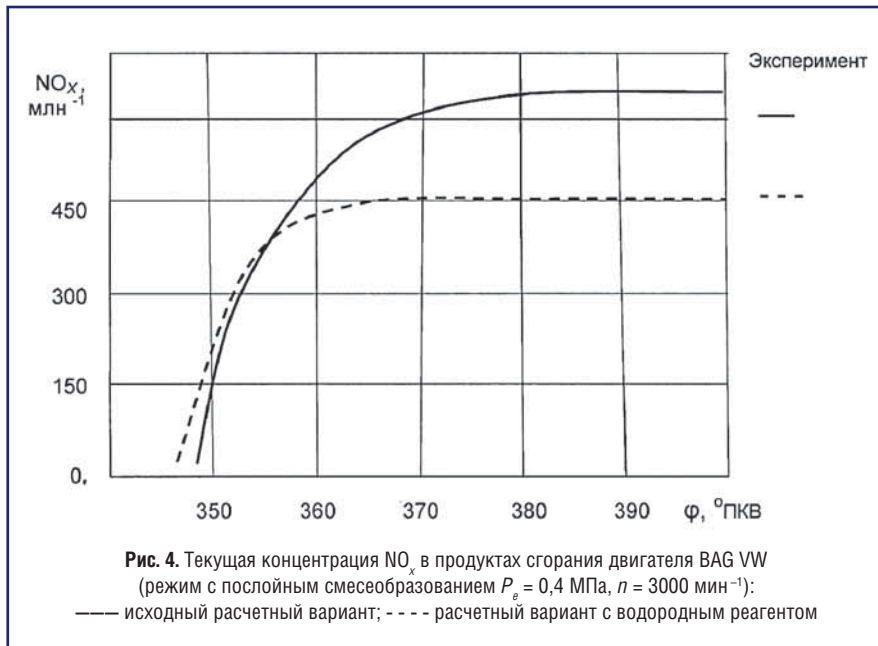
добавка H_2 значительная и по энергетическому эквиваленту соизмерима с основным топливом, то данный энергоноситель выступает в роли самостоятельного (равноправного) компонента смесового топлива. Однако в этом случае приходится учитывать, что повышается уровень температуры рабочего тела и максимального давления сгорания и, как следствие, увеличивается эмиссия NO_x . Процесс сгорания приобретает другой характер, если менее значительная добавка H_2 оптимизирована и согласована по условию предельного снижения эмиссии NO_x . В этом случае влияние H_2 как химического реагента проявляется главным образом в кинетическом механизме окисления азота и активации сгорания обедненных смесей.

Многочисленными исследованиями [3, 5, 6] установлено, что оптимальная добавка водорода ($G_{\text{H}_2, \text{необ}}$) к рабочему телу по условию максимально возможного снижения эмиссии NO_x должна соответствовать (по энергетическому эквиваленту) 1,8 % от основного топлива (бензин). Эти данные были получены при испытаниях двигателей, работающих на обедненных однородных (нерасслоенных) смесях.

Применительно к системе горения расслоенной смеси в первом приближении были использованы эти известные данные в качестве исходных

(с последующим уточнением экспериментом). С учетом этих данных при известных штатных характеристиках топливоподачи был разработан алгоритм управления расходом водорода $G_{\text{H}_2, \text{необ}} = f(N_e)$ в системе питания исследуемого двигателя по условию максимального снижения эмиссии оксидов азота (рис. 3).

Для указанного выше предельно низкого режима работы исследуемого двигателя с послышной организацией заряда были замерены расход ОГ $G_{\text{ог}}$ и средняя температура ОГ на входе в реактор $T_{\text{ог}}$. По условию завершенности конверсионного процесса максимально возможный массовый расход метанола через систему конверсии при замеренных параметрах теплоносителя определялся, исходя из [3, 6]. Установлено, что потенциальная часовая производительность реактора по потребляемому метанолу $G_m = 0,205$ кг/ч. С учетом компонентного содержания водорода в продуктах конверсии метанола (массовая доля 12,5 %) производительность реактора по водороду $G_{\text{H}_2, \text{п}} = 0,025$ кг/ч. Следовательно, для данного режима работы ДВС обнаруживается некоторое превышение расхода генерируемого в реакторе водорода по отношению к необходимому расходу по условию предельного снижения эмиссии NO_x (см. рис. 3).



Для максимально предельного уровня эксплуатационных режимов ДВС, работающего на расслоенном заряде, энергетические показатели теплоносителя $G_{ог}$ и $T_{ог}$ становятся выше, что позволяет осуществить эффективную конверсию метанола с его расходом через реактор $G_m = 2,74$ кг/ч, с выходом водорода $G_{H_2, p} = 0,34$ кг/ч. Из рис. 3 видно, что потенциальная производительность реактора по водороду для данного режима ДВС существенно превышает необходимый расход $G_{H_2, необ}$ по условию максимального снижения эмиссии NO_x .

По результатам предварительного анализа можно сделать вывод, что при работе ДВС во всей области эксплуатационных режимов с расслоением заряда потенциальная производительность реактора по водороду с гарантированным запасом обеспечивает необходимый расход реагента по условию предельно возможного снижения содержания NO_x в ОГ. Избыточная потенциальная производительность реактора позволяет осуществлять в автоматическом режиме оптимальную инструментальную корректировку алгоритма управления расходом метанола (реагент) в реальных условиях эксплуатации.

Апробация предложенной концепции

Очевидно, что целесообразность практической реализации концепции предлагаемого метода, как альтернативного варианта взамен существующей сорбционной системы очистки ОГ ДВС с НВБ, может быть оправданной при условии, если его эффективность по снижению эмиссии NO_x равнозначна эффективности заменяемой системы. Для обоснования этого условия проведено тестовое испытание в автомобильном Центре Auto Hansa (московский филиал фирмы Volkswagen).

На рис. 4. представлены результаты эксперимента и расчета образования NO_x для двигателя типа BAG фирмы Volkswagen, работающего на режиме с организованным расслоением заряда. Расчеты текущей (по углу поворота коленчатого вала двигателя ϕ) концентрации NO_x в КС проводились по методике, разработанной с учетом особенностей сгорания для системы с послойным распределением смеси.

При сгорании неактивированной (без реагента) расслоенной смеси результирующее содержание NO_x в продуктах сгорания соответствует 710 млн $^{-1}$. В присутствии водородного реагента окисление азота в КС

замедляется, и концентрация NO_x в продуктах сгорания снижается на 35 % по сравнению с исходным вариантом (см. рис. 4). Здесь же приведены данные по экспериментально замеренной концентрации NO_x в выпускных газах на выходе из ДВС, которые практически адекватно подтвердили эффективность воздействия водородного реагента на снижение эмиссии NO_x .

По результатам стендовых испытаний двигателя установлено также, что для минимально предельного режима выбросы NO_x оказались незначительными в пределах точности измерения газоаналитической системы. При испытаниях на режиме холостого хода показания системы измерения NO_x визуально не регистрировались, то есть оказались близки к нулевой отметке.

В ходе экспериментального исследования было выявлено, что применение водородного реагента обуславливает возможность расширения диапазона мощности для штатных эксплуатационных режимов с послойной организацией заряда более чем на 30 % при сохранении цикловой стабильности сгорания (идентичность воспроизведения чередующихся циклов на мониторе электронной системы индицирования).

Благодаря повышению реакционной способности смеси отмеченное улучшение экологических качеств исследуемого ДВС на режимах с послойной организацией заряда одновременно сопровождалось повышением показателей его топливной экономичности. По результатам испытаний ДВС BAG VW установлено, что применение добавки водородного реагента к рабочей смеси позволяет снизить удельный эффективный расход топлива в среднем на 3,3 %.

Снижение расхода топлива связано, как было зарегистрировано данными индицирования рабочего цикла, с особенностями тепловыделения (его длительность уменьшается), снижением тепловых потерь, повышением полноты сгорания существенно

обедненной смеси (особенно, на проблемной заключительной стадии сгорания расслоенного заряда) за счет повышения реакционной способности смеси.

Заметим, что дополнительное улучшение топливно-экономических показателей ДВС в условиях эксплуатации может быть получено благодаря тому, что из состава его системы выпуска устранен нейтрализатор накопительного типа, газодинамическое сопротивление которого в 2,5 раза выше по сравнению с малогабаритным реактором конверсии метанола. Как следствие – снижение газодинамического сопротивления выпускного тракта, уменьшение насосных потерь.

Следует заметить, что на повышенных нагрузочных режимах работы ДВС с гомогенным смесеобразованием (см. рис. 1) вследствие отсутствия нейтрализатора накопительного типа и выключения из работы реактора конверсии метанола уровень газодинамических потерь (противодавление) в системе выпуска еще более снизится. Поэтому следует ожидать более заметного снижения путевого расхода топлива во всем диапазоне изменения ездовых режимов автомобиля.

На завершающем этапе тестирования предлагаемого метода проведены испытания по ездовому циклу (New European Driving Cycle) автомобиля Golf VW с двигателем BAG с использованием водородного реагента.

Установлено, что в диапазоне режимов с послойным смесеобразованием по экологическим качествам этот автомобиль не уступает исходному (серийному) прототипу, полностью удовлетворяя нормам Евро-4 (рис. 5).

При проведении испытаний в соответствии с предложенной концепцией была использована система нейтрализации с упрощенной структурой (со штатным бифункциональным нейтрализатором, без нейтрализатора- NO_x), а система рециркуляции ОГ работала в штатном режиме.

Заключение

Таким образом, по результатам экспериментальной проверки концепции предложенного метода установлено, что работа двигателя с НВБ и использованием водородного реагента характеризуется стабильной работой в более широком диапазоне эксплуатационных режимов с расслоением заряда, чем при работе в штатном варианте. Установлено, что наблюдается практически полное отсутствие пропусков воспламенения и рывков при переходе с гомогенного режима работы на послойное (гетерогенное) смесеобразование.

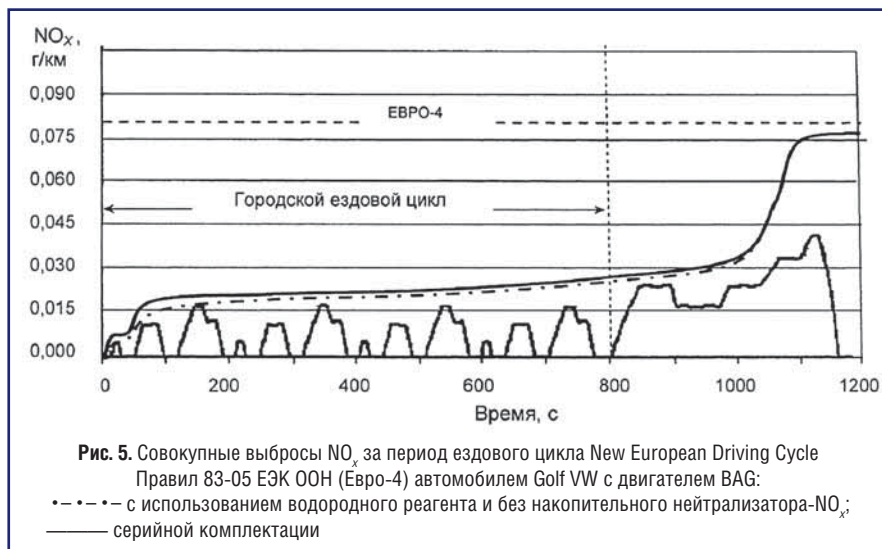
Предлагаемая «водородная» концепция улучшения показателей работы ДВС с НВБ является, на наш взгляд, экономически (по стоимости системы нейтрализации) и энергетически (по затратам энергоносителя) наиболее выгодной, а, следовательно,

перспективной с учетом этих свойств. Улучшение экологических качеств ДВС с НВБ достигается с использованием небольшой химической энергии водорода по отношению к энергии всего израсходованного базового топлива (менее 2 %). Достаточно компактный и дешевый реактор конверсии метанола, включаемый в работу только на режимах ДВС с послойной организацией заряда, может обеспечить необходимое количество водородосодержащего газа для эффективной реализации предлагаемого метода. Примененный способ бортового аккумулирования водорода в химически связанном состоянии в жидкой среде обеспечивает высокую эксплуатационную безопасность АТС по сравнению, например, со способом баллонного хранения водорода.

Концепция реакционно-химического воздействия водородного реагента на процессы горения углеводородного топлива в составе существенно обедненных смесей является наиболее приоритетной, потому что только водород среди других известных химических реагентов обладает столь высокой эффективностью, позволяющей осуществить оптимальное управление кинетическими показателями рабочего цикла. Вследствие повышения реакционной способности обедненной гетерогенной смеси снижаются максимальное давление сгорания, скорость изменения тепловыделения и давления в КС (по данным индицирования рабочего цикла) и, как следствие, уменьшаются нагрузки на детали КШМ, уровень шума.

В рамках реализации предлагаемого метода можно спрогнозировать снижение совокупного расхода топлива автомобильного ДВС с НВБ в условиях городской езды по целому ряду факторов:

1. Вследствие отказа от сорбционного нейтрализатора- NO_x исключены энергетически затратные режимы работы двигателя (угол зажигания $\sim 10^\circ$ после ВМТ, $\alpha < 1$), необходимые для его периодической регенерации.



2. Созданы условия для уменьшения количества переводов ДВС на менее экономичный режим гомогенного смесеобразования ($\alpha = 1$) за счет расширения области эксплуатационных режимов его работы на расслоенных смесях.

3. Совершенствование кинетических показателей цикла и повышение полноты сгорания существенно обедненной смеси во всем (включая пристеночные и защемленные зоны) объеме КС.

4. Снижение уровня газодинамических потерь в системе выпуска и, как следствие, снижение путевого расхода топлива во всем диапазоне изменения ездовых режимов автомобиля.

По предварительной оценке прогнозируемое снижение совокупного расхода топлива автомобильного ДВС с НВБ в условиях городской езды составит не менее 5...7 %.

С учетом современного технико-экономического состояния отечественного автотранспортного комплекса и уровня технологической базы заводов-изготовителей данный метод обуславливает дополнительный ряд преимуществ. За счет использования высокоэффективного химического реагента при сохранении экологических качеств ДВС с НВБ удастся отказать от дорогостоящей накопительной системы очистки ОГ от NO_x и снизить себестоимость системы нейтрализации по предварительной оценке на 40 %. Надежность и долговечность предлагаемой системы с упрощенной структурой становятся выше, чем у существующей комплексной системы очистки зарубежного производства. Отпадает необходимость существенного переоснащения отечественной технологической базы для производства сложных и дорогих компонентов комплексных систем нейтрализации ОГ, аналогичных зарубежным вариантам.

Благодаря исключению необходимости проведения высокотемпературных циклов регенерации нейтрализатора- NO_x снижается тепловая нагрузка и, как можно с уверенностью

предположить, предотвращается возможность термоусталостного разрушения наиболее теплонапряженных деталей КС двигателя, вследствие чего повышаются ресурсные характеристики ДВС.

Важным стимулом дальнейшего развития «водородной» концепции повышения эффективности ДВС транспортных средств является и то, что методологически схожие версии получают свое развитие и за рубежом. Например, в мировой исследовательской практике известен ряд работ (Justin Fulton и др.), посвященных проблеме использования баллонного водорода для совершенствования показателей работы автомобильных двигателей [7]. Очевидно, что подобный вариант подхода к решению обсуждаемой проблемы с бортовым баллонным аккумулированием водорода менее рентабелен и сопряжен с появлением сложных проблем эксплуатационной безопасности. Несмотря на отмеченные недостатки достигнутая совокупная экологическая эффективность (в рамках всего ездового цикла) от реализации указанных зарубежных вариантов «водородной» стратегии высока. Этот факт еще раз подтверждает наши предположения о перспективности обсуждаемого метода совершенствования показателей автомобильных ДВС с НВБ с помощью водородного реагента вне зависимости от того, с помощью каких технологических средств он получен.

В заключение следует подчеркнуть, что рассмотренные вопросы, связанные с разработкой перспективных отечественных двигателей с НВБ, стимулируют необходимость поиска средств и новых технических решений, приемлемых для отечественного двигателестроения. При этом следует отметить неприемлемость прямого копирования зарубежных решений в отечественной практике не только из-за высоких финансовых затрат для их реализации, но и с учетом отсутствия технологии и необходимых материалов для их производства, качества российского бензина и др.

Реализация успешного поиска экономически оправданных и эффективных решений обсужденных в данной статье вопросов, в том числе как альтернативы – на основе предлагаемого метода, позволит при минимальных финансовых затратах более оперативно решить актуальную проблему отечественного двигателестроения – создание российского автомобильного бензинового двигателя нового поколения с внутренним смесеобразованием.

Литература

1. Winterkorn M., Spiegel L., Bohne P., Sohlke G. Der Lupo FS1 von Volkswagen - so sparsam ist sportlich // ATZ- N10. – 2000. – Teil 1. – P. 832-841.
2. Ando A., Noma K., Iida K., Nakayama O., Yamauchi T. Mitsubishi GDI Engine Strategies to meet European Requirements // Proceedings AVL «Engine and Environment». – Graz. – 1997. – V. II. – P. 55-70.
3. Каменев В.Ф., Фомин В.М., Хрипач Н.А. Теоретические и экспериментальные исследования работы двигателя на водородно-топливных композициях // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAE). – 2005. – № 7. – С. 32-42.
4. Малышенко С.П., Назарова О.В. Аккумулирование водорода // Атомно-водородная энергетика и технология: сб. статей. / М.: Энергоатомиздат. – 1988. – Вып. 8. – С. 155-205.
5. Fomin V.M. and Makunin A.V. Thermo chemical recovery of heat contained in exhaust gases of internal combustion engines (a general approach to the problem of recovery of heat contained in exhaust gases) // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2009. – Vol. 43. – No 5. – P. 834-840.
6. Фомин В.М. Системы химического воздействия на параметры рабочего цикла двигателя // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № . – С. 34-38.
7. Justin Fulton. Hydrogen for cold starting and catalyst heating in a methanol vehicle // SAE Technical Paper Series. – 1995. – No. 951956. – P. 2-12.

Моделирование обобщенного термодинамического цикла тепловых двигателей

В.С. Янченко,

доцент Брянской государственной инженерно-технологической академии, к.т.н.

Рассмотрены способы моделирования рабочего процесса силовых агрегатов мобильных машин как гибридных автоматов. За основу принят обобщенный термодинамический цикл тепловых двигателей. Описаны основные подходы к математическому моделированию. Приведен пример разработки динамической модели обобщенного цикла в системе Model Vision Studium.

Ключевые слова: тепловой двигатель, термодинамический цикл, моделирование, гибридный автомат.

Modelling of the generalized thermodynamic cycle of thermal engines

V.S. Yanchenko

Ways of modeling of working process of power units of mobile machines as hybrid automat are considered. For a basis the generalized thermodynamic cycle of thermal engines is accepted. The basic approaches to mathematical modeling are described. The working out example dynamic models of the generalized cycle in system Model Vision Studium is resulted.

Keywords: the thermal engine, thermodynamic cycle, modeling, the hybrid automat.

Использование альтернативных видов топлива для двигателей мобильных машин предполагает проведение определенных предварительных исследований, результаты которых позволяют выбрать как тип, так и характеристики силового агрегата. При этом применение математического компьютерного моделирования на этапе эскизного проектирования существенно экономит материальные и временные затраты.

Разработка компьютерной модели технической системы позволяет сделать выбор математической модели, соответствующей поставленной задаче моделирования, формализма моделирования и компьютерной среды моделирования.

Выбор математической модели

На начальном этапе проектирования мобильной машины осуществляется выбор типа силового агрегата.

В подавляющем большинстве автомобилей, строительных, дорожных и других мобильных машин в качестве силовых агрегатов используются двигатели внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинные двигатели (ГТУ).

Теоретически их работа описывается замкнутыми циклами процессов, включающими сжатие и расширение рабочего тела, подвод теплоты при сгорании топлива и ее отвод в окружающую среду с выхлопными газами. Действительные процессы, протекающие в двигателе, очень сложны, зависят от многих факторов – как внешних, так и внутренних. Описывающие их системы дифференциальных уравнений в частных производных опираются на закономерности газодинамики и теплообмена. Поэтому математические модели ДВС и ГТУ являются сложными динамическими системами. Однако основные параметры этих систем можно получить, используя более простые модели – базовые термодинамические циклы: циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме (цикл Отто), с подводом теплоты при постоянном давлении (цикл Дизеля), со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера); циклы ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме и с подводом теплоты при постоянном давлении.

Разработан также так называемый обобщенный цикл, который, в зависимости от принимаемых параметров, может быть преобразован в каждый из вышеперечисленных (рис. 1).

В приведенных циклах сжатие и расширение рабочего тела считаются адиабатными процессами, теплота

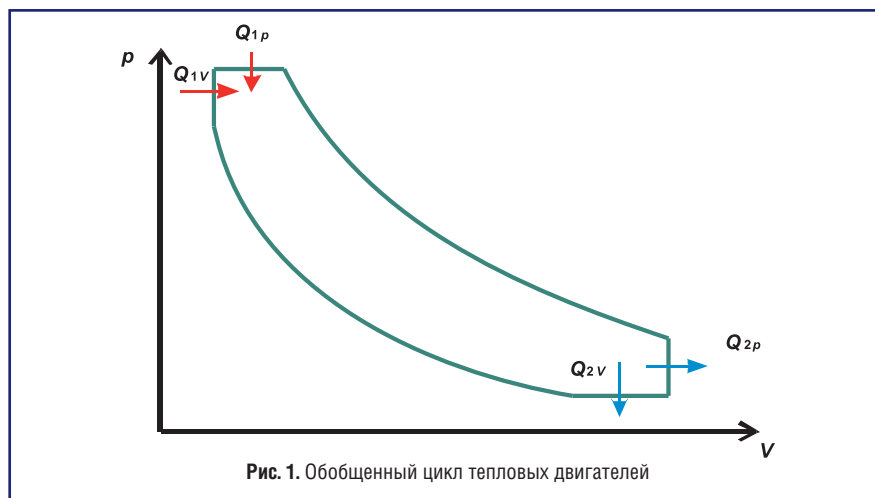


Рис. 1. Обобщенный цикл тепловых двигателей

подводится в изохорном (Q_{1v}) или (и) изобарном (Q_{1p}) процессах, а отводится также в изохорном (Q_{2v}) или (и) изобарном (Q_{2p}) процессах.

Для дальнейшего моделирования нами выбирается обобщенный термодинамический цикл как наиболее универсальный. Компьютерная программа, разработанная для его реализации, позволяет, не выходя из единой модели, рассматривать и сравнивать различные циклы ДВС и ГТУ.

Выбор формализма моделирования

Математические модели тепловых двигателей являются сложными динамическими системами и согласно современным представлениям они могут быть разбиты на три группы:

Непрерывная система (изолированная или компонентная), описываемая алгебраическими и дифференциальными уравнениями, развивается непрерывно во времени. Она моделируется с помощью динамической системы с кусочно-непрерывными правыми частями уравнений (простые дискретные процессы).

Дискретная система – модель в виде динамической, дискретной во времени системы с явными зависимостями для описания непрерывных процессов – «конечный автомат».

Гибридная система – совмещает дискретность и непрерывность в рамках одной модели (сложные дискретные и непрерывные процессы) – «гибридный автомат».

Для анализа и моделирования процессов обобщенного цикла выбран формализм гибридного автомата.

Представление термодинамических циклов в виде гибридных автоматов естественно, так как они состоят из непрерывных процессов, протекающих в реальном времени, и событий, сменяющих последовательно один процесс другим. В двигателях этими событиями являются изменения движения поршней в мертвых точках, впрыск топлива форсунками (и его самовоспламенение), открытие и закрытие клапанов.

По определению [1, 2] гибридным автоматом H называют кортеж

$$H=(Q, X, \text{Init}, f, \text{Inv}, E, G, R),$$

где Q – конечное множество дискретных переменных; X – множество непрерывных переменных; $\text{Init} \subseteq Q \times X$ – множество начальных состояний; $f: Q \times X \rightarrow X$ – вектор-функция, являющаяся правой частью системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка относительно $x \in X$, зависящая от дискретных переменных; $\text{Inv}: Q \rightarrow 2^X$ – множество инвариантов, связанных с каждым значением переменной $q \in Q$; $E \subseteq Q \times Q$ – множество дискретных переходов; $G: E \rightarrow 2^X$ – множество предохраняющих предикатов, присвоенных каждому переходу $e=(q, q') \in E$; $R: E \times X \rightarrow 2^X$ – множество правил переопределения начальных условий, заданных на каждой дуге $e=(q, q') \in E$ для непрерывных переменных $x \in X$.

Переменные $x \in X$ называются непрерывными, так как они являются решением дифференциальных уравнений, а переменные $q \in Q$ – дискретными, определяющими конечное множество режимов работы или состояний автомата. Под состоянием гибридного автомата H понимается пара $(q, x) \in Q \times X$. Предполагается, что правая часть дифференциальных уравнений удовлетворяет условиям Липшица по $x \in X$.

Для реализации данного метода моделирования необходима адекватная компьютерная среда. В настоящее время применяются различные математические продукты.

Выбор среды моделирования

Однокомпонентные модели. Для этих моделей используются математические пакеты MAPLE, MATHEMATICA, MathCAD, MATLAB, Scilab и другие, позволяющие решать системы обыкновенных дифференциальных (ОДУ) и алгебро-дифференциальных (АДУ) уравнений. У них есть возможность решения и визуализации решений ОДУ. Математические пакеты лучше всего приспособлены для решения систем небольшой размерности с достаточно гладкой правой частью. Такие системы можно классифицировать как изолированные однокомпонентные динамические системы с заданной в явном виде системой уравнений. Моделировать системы с разрывными правыми частями уравнения или переменной структуры, когда меняются не только правые части, но и число уравнений, в этих математических пакетах затруднительно. Чаще всего для их решения приходится

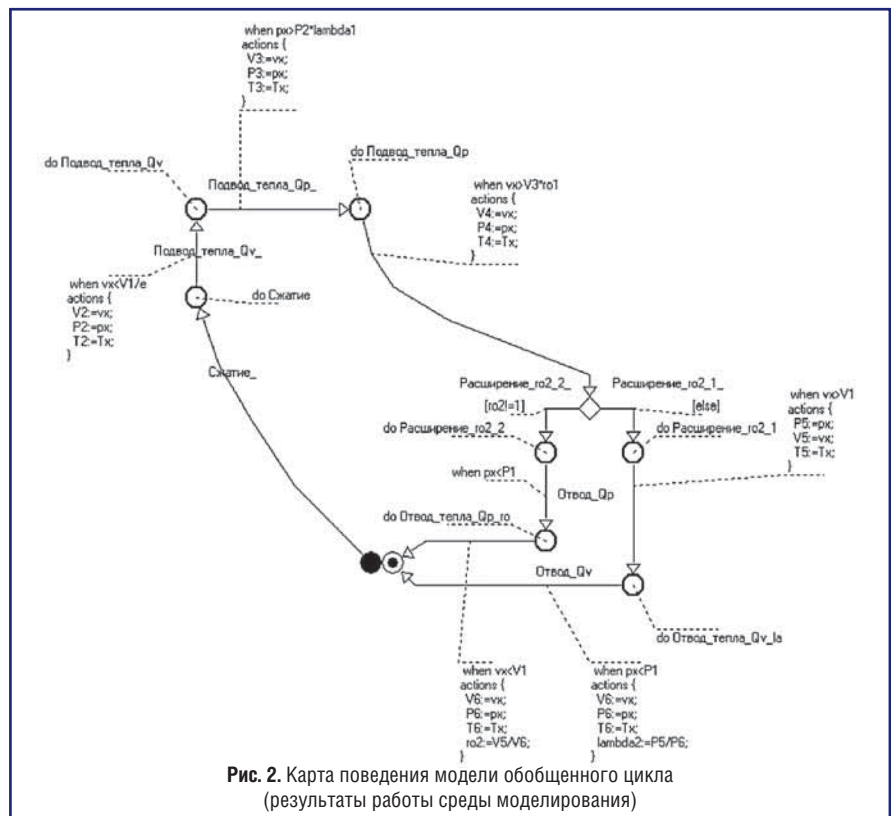


Рис. 2. Карта поведения модели обобщенного цикла (результаты работы среды моделирования)

применять различные численные методы, если при переходе через поверхность разрыва существенно меняются свойства системы. Реализовать такой подход в математических пакетах сложно, так как отсутствуют встроенные механизмы локализации разрывов, заданных уравнениями или предикатами, и автоматической смены численных методов.

Многокомпонентные модели. Зарубежные пакеты компонентного моделирования, к которым относится семейство приложений к пакету Matlab – Simulink, StateFlow, SimMechanics, SimPowerSystems, пакеты Dymola, Vissim, и отечественные MBTY, AnyLogic, Model Vision Studium, Stratum, Scilab-Scicos позволяют автоматически создавать и исследовать иерархические модели. С учетом того, что исследуемые реальные объекты обычно имеют иерархическую структуру и чаще всего переменную, зависящую от происходящих событий, основным инструментом их исследования становятся пакеты компонентного моделирования.

В данном исследовании используется отечественный пакет Model Vision Studium (MvStudium), версия 4.

Пакет MvStudium разработан исследовательской группой «Моделирование сложных динамических систем» при факультете технической кибернетики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета [1, 2, 3, 4].

MvStudium – это интегрированная графическая оболочка для быстрого создания интерактивных визуальных моделей сложных динамических систем и проведения вычислительных экспериментов с ними. Пакет MvStudium обеспечивает:

- поддержку технологии объектно-ориентированного моделирования (ООМ), совместимой с языком UML;
- создание пользователем собственных компонентов;
- удобное и адекватное описание непрерывных, дискретных и гибридных (непрерывно-дискретных) систем;
- достоверность численного решения;
- поддержку активного вычислительного эксперимента;

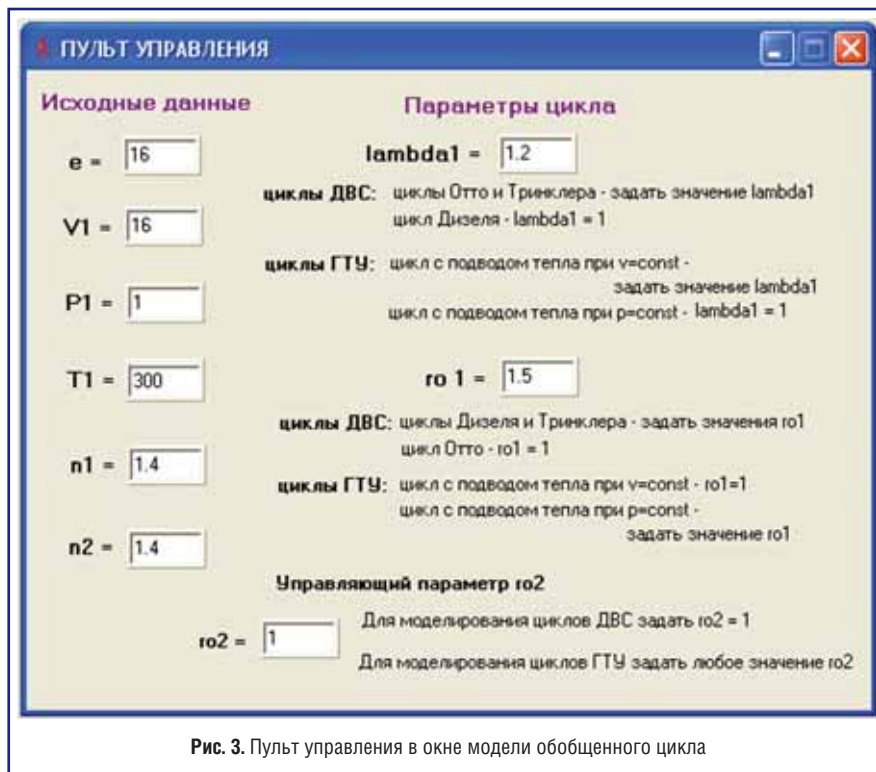


Рис. 3. Пульт управления в окне модели обобщенного цикла

- моделирование, визуализацию результатов и управление вычислительным экспериментом без написания какого-либо программного кода;
- поддержку интерфейса пользователя для создания математической модели исследуемой системы, а также контроль корректности этой модели;
- автоматическое построение компьютерной модели, соответствующей заданной математической;
- корректное проведение активного вычислительного эксперимента с компьютерной моделью на уровне абстракции математической модели.

В разработанной модели процессы представляются, как локальные классы. Условиями перехода принимаются либо мертвые точки кривошипно-шатунного механизма, соответствующие углу поворота кривошипа, либо заранее определяемые давления и объемы в характерных точках цикла. Для большей визуализации карта поведения (рис. 2) повторяет очертания обобщенного цикла в координатах $p-V$.

В окне модели для интерактивного управления процессом моделирования создан *пульт управления*, на котором в диалоговых окошках вводятся исходные данные (рис. 3). Выбор цикла осуществляется заданием

параметров процессов подвода и отвода теплоты. Результаты моделирования выводятся в окне модели в числовом виде и на графиках цикла в $p-V$ и $T-V$ координатах.

Гибридная модель обобщенного термодинамического цикла тепловых двигателей разработана на принципиальном уровне. Совершенствование и уточнение ее в ходе тестовых прогонов должны подтвердить адекватность и работоспособность модели. Дальнейшие исследования и разработки будут направлены на приближение модели к реальным процессам, получение энергетических характеристик и оценку КПД.

Литература

1. **Сениченков Ю.Б.** Численное моделирование гибридных систем. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. – 206 с.
2. **Колесов Ю.Б.** Объектно-ориентированное моделирование сложных динамических систем. – СПб.: Изд-во СПб ГПУ, 2004. – 240 с.
3. **Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.** Моделирование систем. Динамические и гибридные системы. – С. Петербург, БХВ, 2006. – 224 с.
4. **Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.** Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход. – С. Петербург, БХВ, 2006. – 192 с.

Методические аспекты реализации виртуального метода измерения дымности ОГ дизелей

И.М. Блянкинштейн,

доцент Политехнического института
Сибирского федерального университета, к.т.н.,

А.М. Асхабов,

аспирант Политехнического института
Сибирского федерального университета

Рассматривается виртуальный метод измерения дымности отработавших газов (ОГ) дизелей, основанный на элементах технического зрения, предусматривающий видеосъемку и последующую обработку в реальном масштабе времени изображений ОГ на фоне черно-белого экрана. Данный метод может быть интересен для контроля транспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива, поскольку он позволяет разделять поток ОГ на черные и белесые компоненты, а также проводить их отдельную обработку и анализ. Предложена методика определения количественного соотношения указанных компонентов в стандартизованном показателе дымности ОГ. Приведены регрессионные модели, связывающие компоненты ОГ со стандартизованным показателем дымности ОГ при различных уровнях освещенности.

Ключевые слова: дымность отработавших газов дизелей, видеорегистрационный метод, компоненты дымности «черное на белом» и «белое на черном», исследование модели дымности.

Methodical aspects of realization of a virtual method of measurement of opacity of the fulfilled gases of diesel engines

I.M. Blyankinshteyn, A.M. Askhabov

Considered a virtual method of measuring the opacity of exhaust gases of diesel engines, based on elements of the vision, providing video recording and subsequent processing of real-time images of OG on the background of black and white screen. This method allows the separation of the flow of exhaust gas into black and whitish components, as well as pursue their separate processing and analysis. A technique to determine the quantitative relationships of these components into a standardized smoke exhaust. Shows the regression models relating the components of the exhaust with a standardized measure of smoke exhaust at different levels of illumination.

Keywords: opacity of exhaust gases of diesel engines, method of videoregistration, the components of smoke «black on white and white on black», a study model of opacity.

Как известно, непрозрачность отработавших газов дизельного двигателя формируют различные компоненты, входящие в их состав. Эти компоненты условно можно разделить на две группы: компоненты, формирующие черноту ОГ (частицы сажи); компоненты, формирующие белизну ОГ (белесые частички несгоревшего топлива, масла и паров воды). Используемые сертифицированные средства измерения дымности ОГ дизелей в большинстве своем основаны на оценке степени поглощения света отработавшими газами в видимом спектре (метод Hartridge), они регистрируют общую непрозрачность ОГ, не разделяя ее на представленные компоненты.

Предложен виртуальный метод измерения дымности ОГ дизелей [1, 2], основанный на элементах технического зрения, предусматривающий видеосъемку и обработку в реальном времени изображений ОГ на фоне черно-белого экрана. Данный метод позволяет разделять поток ОГ на компоненты, а также проводить их отдельную обработку и анализ.

Методика определения количественного соотношения компонентов дымности

В ходе исследования было установлено, что на видеорегистрацию ОГ, как и на любой фотографический процесс, существенное влияние оказывает локальная освещенность. Это, вероятно, объясняется тем, что прямые лучи света (избыточная освещенность) при попадании на белесые составляющие ОГ отражаются, дополнительно обеляя (подсвечивая) ОГ. Поскольку соотношение черноты и белизны в итоговом значении непрозрачности ОГ при различных вариантах освещения не известно, были поставлены задачи установления влияния локальной освещенности на регистрацию дымности и определения соотношения составляющих ОГ при использовании виртуального метода измерения.

Предлагаемый методический подход к определению численного соотношения компонентов дымности ОГ базируется на статистическом методе, в основу которого положено регрессионное уравнение, связывающее зафиксированные исследуемым методом компоненты с дымностью ОГ, измеренной традиционным сертифицированным дымомером при различных вариантах локальной освещенности.

Таблица 1

Варианты освещения рабочего экрана и контролируемого рабочего тела (дымности ОГ) на посту измерения

Номер схемы	Схема освещения	Описание
1	 Все на свету	Прямые лучи света падают как на рабочий экран, так и на контролируемое рабочее тело (ОГ)
2	 Дым на свету, экран в тени	Прямые лучи света подсвечивают только рабочее тело (ОГ), при этом лицевая сторона рабочего экрана остается неосвещенной (в тени)
3	 Экран на свету, дым в тени	Прямые лучи света освещают только лицевую сторону рабочего экрана, при этом рабочее тело (ОГ) остается неосвещенным (в тени)
4	 Все в тени	Все находится в тени, прямые лучи света не попадают ни на рабочий экран, ни на контролируемое рабочее тело (ОГ)

В эксперименте управляемым фактором является локальная освещенность поста измерения: рабочего экрана и контролируемого рабочего тела – ОГ. С учетом отмеченного влияния локальной



освещенности на результаты замеров все возможные способы освещения на посту измерения были разделены на четыре различных варианта (табл. 1).

Для составления регрессионного уравнения необходим массив экспериментальных данных по измерениям дымности ОГ, полученных как при обработке видео, так и при помощи эталонного дымомера для каждого из вариантов локальной освещенности. Для получения дифференцированных данных о черноте и белизне ОГ с видеофайла нужно отснятый на видео один цикл свободного ускорения раскадрировать, далее по разработанной методике определить на выбранной сцене каждого кадра черноту (черный дым на белом фоне) и белизну (белесый дым на черном фоне) контролируемого рабочего тела – ОГ.



Программное обеспечение используемого в эксперименте дымомера Lantech Premier 701SM позволяет сохранять каждое измерение цикла свободного ускорения, представленное в виде зависимости показателя ослабления светового потока (N) от времени. Правая шкала является вспомогательной (соответствует коэффициенту поглощения света $K, м^{-1}$), построенной с нелинейным шагом (рис. 1).

Совместив данные, полученные при обработке видео и с эталонного дымомера, на одной временной шкале, имеем развернутые во времени параметры дымности ОГ в режиме свободного ускорения дизеля (рис. 2).

Первый методический вопрос, решавшийся в ходе настоящего исследования, состоял в способе сопоставления данных, полученных предлагаемым методом и традиционным сертифицированным

дымомером. Для получения регрессионного уравнения необходимо регистрировать формирование дымности ОГ в режиме свободного ускорения эталонным (сертифицированным) дымомером с тем же временным шагом, что и при обработке видео. В ходе исследований установлено, что сопоставлять данные в регрессионном уравнении возможно двумя способами:

а) сопоставлять временные развертки, выровненные по началу формирования переднего фронта дымности;

б) сопоставлять временные развертки измерений по пиковым значениям данных, полученных с дымомера и предложенным методом.

При этом необходимо учитывать некоторые отличия разработанного метода от стандартизованного. При измерении дымности предложенным методом нет никакой инерционности рабочего тела: поток ОГ фиксируется мгновенно на срезе выпускной трубы. При измерении стандартным дымомером имеется значительная инерционность: наличие пробоотборника, шланга и самой измерительной камеры дымомера обуславливает существенное запаздывание срабатывания дымомера при

поступлении ОГ в пробоотборный зонд. При этом передняя и задняя границы фронта дымности ОГ на срезе выпускной трубы и в измерительной камере дымомера также формируются совершенно по-разному, одинаковым остается только максимальное задымление. Регрессионные уравнения, полученные по данным, совмещенным по пикам, имели лучшие статистические параметры, чем уравнения, построенные при выравнивании по переднему фронту дымности. Поэтому предпочтение было отдано варианту «б».

Второй методический вопрос состоял в определении наилучшей математической модели, связывающей исследуемые параметры при различных вариантах локальной освещенности. На формирование дымности влияет большое число факторов, поэтому зависимость дымности ОГ от составляющих компонентов «белое на черном» и «черное на белом» может носить не только линейный, но и нелинейный характер. Таким образом, при определении количественного соотношения компонентов необходимо смоделировать процесс формирования дымности различными уравнениями и выбрать наилучшее для каждого из вариантов локального освещения.

Таблица 2

Сводная таблица предпочтительных моделей формирования дымности ОГ

Номер схемы	Освещенность фона, лк	Уравнения моделей, описывающих процесс формирования дымности ОГ	Критерий Стьюдента t для коэффициентов			Коэффициент детерминированности R^2
			a	b	d	
1	40500	$Y = aX_1 + bX_2$	3,1...6,1	10,0...14,3	–	0,91
		$Y = aX_1^2 + bX_2^2$	3,9...5,1	8,4...9,2	–	0,67
		$Y = aX_1^3 + bX_2^3$	4,6...9,2	8,5...10,2	–	0,57
2	3800	$Y = aX_1 + bX_2$	3,6...4,3	5,9...14,6	–	0,85
		$Y = aX_1^2 + bX_2^2$	3,8...3,9	8,5...15,8	–	0,77
		$Y = aX_1^3 + bX_2^3$	2,6...4,0	9,1...14,9	–	0,68
		$Y = aX_1^2 X_2 + bX_2^2 X_1$	2,3...3,12	2,1...6,72	–	0,66
		$Y = aX_1^2 + bX_2^2 + d(X_1 X_2)^2$	3,8...6,4	12,3...15,8	4,80	0,84
3	37800	$Y = aX_1 + bX_2$	14,4	6,60	–	0,61
		$Y = aX_1^2 + bX_2^2$	11,30	7,09	–	0,61
		$Y = aX_1^3 + bX_2^3$	10,32	5,74	–	0,55
		$Y = aX_1^2 + bX_2^2 + d(X_1 X_2)^2$	2,31	6,60	0,23	0,57
4	1800	$Y = aX_1 + bX_2 + dX_1 X_2$	12,4...16,5	2,9...12,8	2,4	0,97
		$Y = aX_1^2 X_2 + bX_2^2 X_1$	2,7...7,7	2,5...5,0	–	0,61
		$Y = aX_1^2 + bX_2^2 + d(X_1 X_2)^2$	12,5...13,3	2,8...9,7	2,9	0,90

Исследовались следующие виды уравнений (1-10): линейные, уравнения второго и третьего порядка, уравнения с добавлением парного эффекта «белое на черном» и «черное на белом» в линейной и нелинейной комбинациях, со свободным членом и без него.

$$Y = aX_1 + bX_2 + c, \quad (1)$$

$$Y = aX_1^2 + bX_2^2 + c, \quad (2)$$

$$Y = aX_1^3 + bX_2^3 + c, \quad (3)$$

$$Y = aX_1 + bX_2 + dX_1X_2 + c, \quad (4)$$

$$Y = aX_1 + bX_2 + dX_1^2 + eX_2^2 + c, \quad (5)$$

$$Y = aX_1^2X_2 + bX_2^2X_1 + c, \quad (6)$$

$$Y = aX_1 + bX_2 + dX_1X_2 + eX_1^2X_2 + fX_2^2X_1 + c, \quad (7)$$

$$Y = aX_1 + bX_2 + dX_1^2 + eX_2^2 + fX_1^3 + gX_2^3 + c, \quad (8)$$

$$Y = aX_1^2 + bX_2^2 + d(X_1X_2)^2 + c, \quad (9)$$

$$Y = aX_1 + bX_2 + dX_1X_2 + eX_1^2 + fX_2^2 + g(X_1X_2)^2 + c, \quad (10)$$

где Y – дымность ОГ, зафиксированная стандартным дымомером, %; X_1 – доля компонента «белое на черном» в общей дымности, %; X_2 – доля компонента «черное на белом» в общей дымности, %; a, b, d, e, f, g – регрессионные коэффициенты; c – свободный член уравнения.

Результаты моделирования

Проведена обработка экспериментальных данных показателей «белое на черном» и «черное на белом» для каждого из вариантов локального освещения на автомобилях семейства «КАМАЗ». Все регрессионные уравнения обрабатывались при помощи программного обеспечения Microsoft Office Excel 2007.

По результатам обработки были отобраны модели, наиболее адекватно описывающие процессы формирования дымности ОГ при различных вариантах локальной освещенности (табл. 2). В ходе обработки данных было сочтено целесообразным отказаться от свободного члена в регрессионных уравнениях, для чего применялась процедура вычисления коэффициентов модели с нулевым значением свободного члена: такая модель лучше соответствует природе описываемого процесса и имеет предпочтительные статистические параметры.

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что при одинаковом виде уравнений, описывающих процесс формирования дымности ОГ, наиболее высокие статистические параметры имеют модели, построенные при вариантах освещения «все на свету» и «все в тени». Поэтому при прак-

тической реализации метода целесообразно проводить видеосъемку именно при таких вариантах освещения. Статистические параметры моделей свидетельствуют о хорошей адекватности полученных уравнений, связывающих компоненты ОГ «черное на белом» и «белое на черном» с дымностью ОГ, измеряемой сертифицированным дымомером. Это создает предпосылки для приведения результатов, измеряемых предлагаемым методом, к стандартизированной шкале «Hartridge».

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. На результаты измерений дымности виртуальным методом значимое влияние оказывает локальная освещенность рабочего экрана и ОГ. Для практической реализации предлагаемого метода необходимо стандартизировать условия проведения испытаний по освещенности.

2. Разработана методика определения количественного соотношения компонентов «черное на белом фоне» и «белое на черном фоне» в ОГ дизелей при измерении предлагаемым виртуальным методом.

3. Получены регрессионные модели, связывающие компоненты ОГ, регистрируемые виртуальным методом, с дымностью ОГ, измеряемой традиционным сертифицированным дымомером.

4. Наибольшая адекватность полученных уравнений наблюдается для двух вариантов локальной освещенности «все на свету» (коэффициент детерминированности $R^2 = 0,91$) и «все в тени» ($R^2 = 0,97$).

5. Высокий уровень адекватности моделей создает предпосылки для приведения результатов, получаемых предлагаемым методом, к стандартизированной шкале дымности ОГ.

Литература

1. Пат. 2366930 Российская Федерация, МПК G 01N 21/59. Способ измерения дымности отработавших газов дизелей / И.М. Блянкинштейн, А.М. Асхабов; заявитель и патентообладатель, Сиб. федер. ун-т. – № 2008131229/28; заявл. 28.07.2008; опубл. 10.09.2009. – 8 с.

2. **Блянкинштейн И.М.** Концепция измерения дымности отработавших газов дизелей / И.М. Блянкинштейн, А.М. Асхабов, Е.С. Воеводин // Журнал ААИ. – 2010. – № 2 (61). – С. 38-41; № 3 (62). – С. 60-61.

Бортовой термоакустический кондиционер на природном газе

В.И. Карагусов,

профессор Омского Государственного Технического Университета, д.т.н.,

П.С. Мальцев,

магистрант Омского Государственного Технического Университета

Современное состояние развития термоакустических систем позволяет использовать их для создания бортовых транспортных теплоиспользующих систем кондиционирования воздуха с подводом энергии путем сжигания природного газа. Использование такого подхода позволяет перейти к экологически чистым технологиям климатотехники, а также улучшить потребительские свойства транспортных теплоиспользующих систем кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: система кондиционирования воздуха, термоакустическая система, транспорт, природный газ.

The onboard thermoacoustic conditioner on natural gas

V.I. Karagusov, P.S. Maltsev

The modern condition of development of thermoacoustic systems allows to use them for creation of onboard transport heat energized air conditioner systems with a supply of energy by burning of natural gas. Use of such approach allows to pass to ecologically pure technologies climate technique, and also to improve consumer properties transport heat energized air conditioner systems.

Keywords: heat energized air conditioner systems, thermoacoustic system, transport, natural gas.

Большинство применяемых в настоящее время бортовых систем кондиционирования воздуха (СКВ) работают по парокомпрессионному циклу с фреонами (хладоны) в качестве рабочих тел. Парокомпрессионные СКВ содержат экологически неблагоприятные рабочие тела и требуют их дозаправки в процессе эксплуатации из-за утечек в атмосферу. Применение СКВ, отбирающих мощность с вала ДВС для работы компрессио-

ра, связано с потерями мощности на валу ДВС, увеличением расхода топлива, снижением динамических характеристик транспортного средства, использованием механических узлов и передач, в которых возникают трение и износ.

При эксплуатации автомобильных бортовых парокомпрессионных СКВ возникает противоречие: кондиционер работает практически на полную мощность в летнее время в пробках и на остановках,

когда двигатель работает на минимальных оборотах и мощности, которой обычно не хватает для работы СКВ. При увеличении скорости автомобиля мощность, отбираемая СКВ с вала двигателя, значительно увеличивает время разгона и расход топлива. Работа таких кондиционеров невозможна при неработающем двигателе. Кроме того, требования Монреальского протокола стимулируют разработчиков искать альтернативные решения для построения экологически чистых систем охлаждения и СКВ.

Анализ известных трансформаторов теплоты показал, что наиболее эффективное, технически простое и надежное решение может быть реализовано на основе термоакустического эффекта, который заключается в том, что в прямом термодинамическом цикле тепловая энергия преобразуется в акустическую, а в обратном акустическая энергия генерирует холод (термоакустический эффект К.Саундхауса и П.Рийке) [1, 2].

При нагревании газообразного рабочего тела в прямом термодинамическом цикле под действием термоакустического эффекта теплота преобразуется в энергию акустических колебаний. Затем энергия этих акустических колебаний в обратном термодинамическом цикле преобразуется в тепловую: в одном теплообменнике теплота выделяется (нагрев), в другом – поглощается (охлаждение). Таким образом, при нагревании одной части устройства на другой происходит генерация холода, что позволяет создать бортовую теплоиспользующую СКВ.

В настоящее время значительное количество автомобильного транспорта переводится на природный газ, как на одно из самых

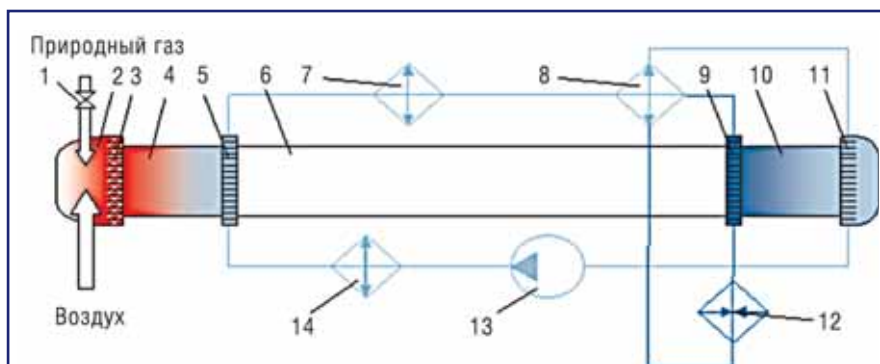


Рис. 1. Схема бортовой теплоиспользующей термоакустической СКВ:

1 – вентиль подачи природного газа; 2 – камера сгорания; 3 – теплообменник нагрева; 4 – регенеративный теплообменник (горячий стек); 5, 11 – охлаждающие теплообменники; 6 – резонансная труба; 7, 14 – теплообменники сброса теплоты в окружающую среду; 8 – двухпоточный регенеративный теплообменник; 9 – «холодный» теплообменник; 10 – регенеративный теплообменник (холодный стек); 12 – салонный теплообменник кондиционера; 13 – циркуляционный насос

экономичных и экологичных топлив. Таким образом, на борту транспортного средства имеется газообразное топливо, которое с высокой эффективностью и независимо от работы двигателя может нагревать теплоиспользующий термоакустический кондиционер.

Теплоиспользующие термоакустические СКВ должны состоять как минимум из трех систем:

- генерации пульсаций давления (акустическая волна);
- циркуляции теплоносителей, коммуникации и теплообменников;
- термоакустического охлаждения.

Все эти системы имеют свои особенности.

Системы генерации пульсаций давления и термоакустического охлаждения должны включать специфические теплообменные аппараты малых габаритов, выдерживающие большие тепловые нагрузки и расходы теплоносителей. Система генерации пульсаций давления должна иметь камеру сгорания с регулировкой подачи природного газа и воздуха. Система циркуляции теплоносителей, коммуникации и теплообменников должна

предусматривать достаточно большие расходы теплоносителя (или теплоносителей) на трех температурных уровнях, а также иметь набор теплообменных аппаратов, работающих в различных условиях. Габариты и форма системы бортовой СКВ должны позволять оптимальное ее размещение в моторном отсеке и в салоне. Необходимо также решить ряд проблем, связанных с увеличением звукового давления внутри термоакустического аппарата и уменьшением шума снаружи.

В схеме теплоиспользующей термоакустической СКВ (рис. 1) можно выделить четыре части.

1. Акустический генератор, состоящий из камеры сгорания 2, двух теплообменников 3 и 5, горячего стека 4 – регенеративного теплообменника, прозрачного для акустической волны. Горячий конец стека 4 находится в непосредственном контакте с теплообменником 3, а холодный конец – с теплообменником 5. За счет разности температур на концах стека генерируется акустическая волна, фронт которой направлен вправо (по рис. 1).

2. Промежуточная система охлаждения, которая состоит из охлаждающих теплообменников 5 и 9, теплообменников 7 и 14 сброса теплоты в окружающую среду с воздушным охлаждением, а также циркуляционного насоса 13. Назначение этой системы заключается в поддержании необходимой разности температур в горячем и холодном стеках для преобразования тепловой энергии в энергию акустической волны и для

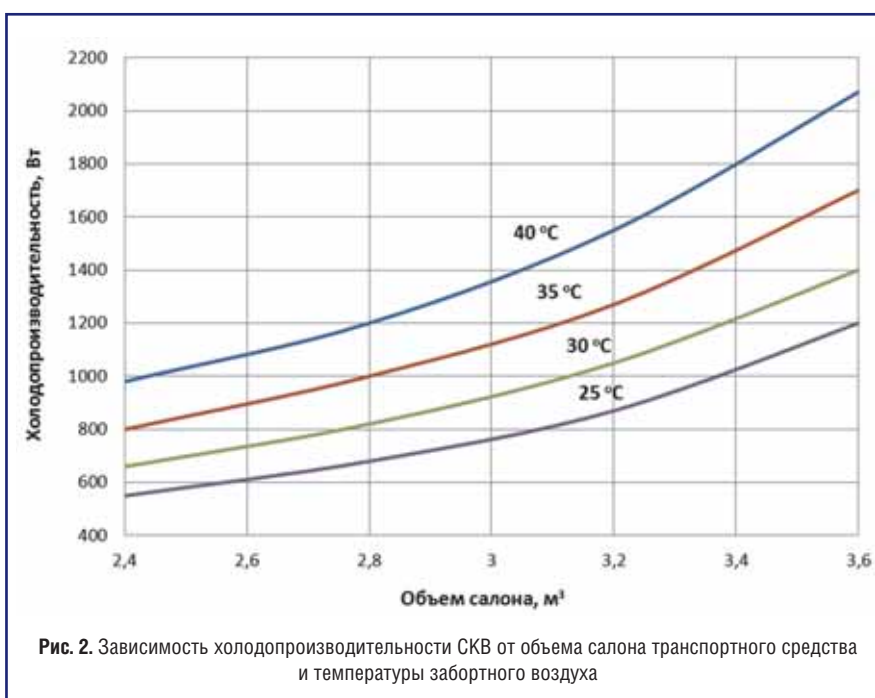


Рис. 2. Зависимость холодопроизводительности СКВ от объема салона транспортного средства и температуры заборного воздуха

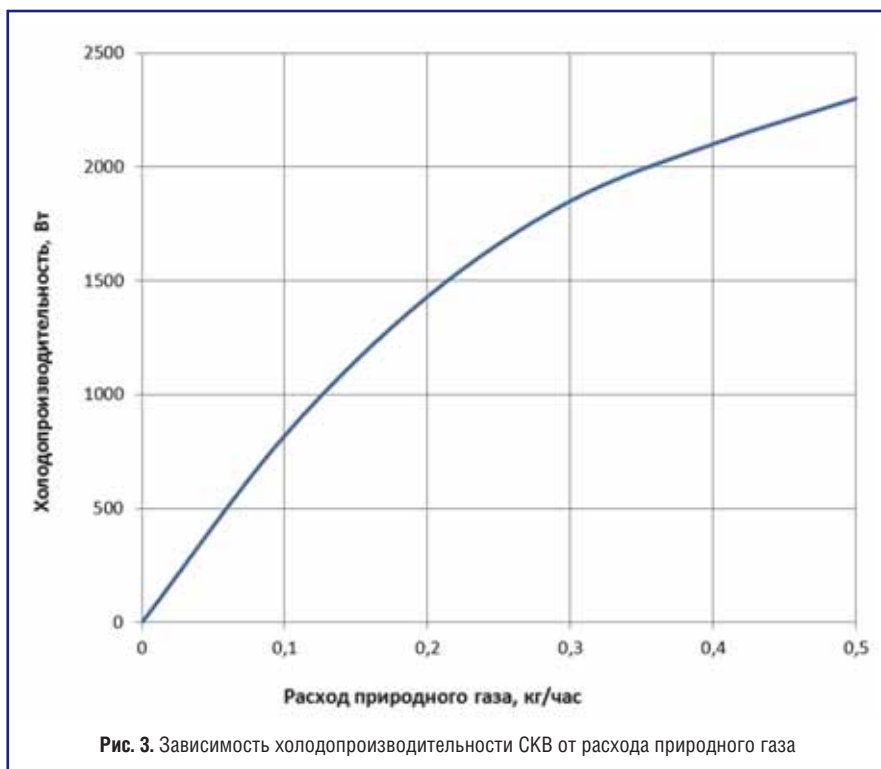


Рис. 3. Зависимость холодопроизводительности СКВ от расхода природного газа

преобразования энергии акустической волны в полезный холод в салоне транспортного средства. В зависимости от объекта размещения циркуляционная система может быть выполнена одно-, двух- или трехконтурной с одним или несколькими разными теплоносителями. На рис. 1 показан вариант одноконтурной системы, в которую включен салонный теплообменник 12 кондиционера и двухпоточный регенеративный теплообменник 8 для регенерации холода, выносимого теплоносителем из салона.

3. Термоакустический охладитель, который включает теплообменники 9, 11 и холодный стек 10. За счет обратного термоакустического эффекта стек со стороны теплообменника 9 охлаждается, а со стороны теплообменника 8 нагревается, тем самым осуществляется холодильный цикл. Теплоноситель, охлажденный в теплообменнике 9, передается в салонный теплообменник 12, где охлаждает воздух.

4. Резонансная труба б представляет собой цилиндрический или более сложной формы сосуд, тепло- и звукоизолированный от окружающей среды, с системой креплений к корпусу транспортного средства и к циркуляционным контурам. На резонансной трубе б смонтированы в единый агрегат камера сгорания 2, теплообменники 3, 5, 9, 11 и стеки 4, 10.

В герметичном объеме резонансной трубы б создается интенсивная акустическая волна, под действием которой образуются холодная (ниже температуры окружающей среды) и горячая зоны. Акустическая волна переносит тепловую энергию от холодной зоны к горячей. В итоге термоакустическая СКВ использует тепловую энергию сжигаемого природного газа и вырабатывает холод для кондиционирования салона, при этом не нуждается в компрессоре, хладагоне и механических передачах. В качестве термоакустического рабочего тела может использоваться воздух или гелий.

В салоне транспортного средства теплообменник 12 кондиционера размещается аналогично традиционным. Теплообменники 7 и 14 размещаются вблизи радиатора ДВС или в другом вентилируемом месте. Для обеспечения функционирования СКВ при неработающем ДВС эти теплообменники должны иметь собственный вентилятор.

Были проведены расчеты зависимости холодопроизводительности СКВ от объема салона транспортного средства и температуры заборного воздуха (рис. 2), а также от расхода природного газа (рис. 3).

Использование термоакустического эффекта позволяет перейти к экологически чистым технологиям климатотехники и уменьшить воздействие на окружающую среду за счет уменьшения расхода топлива транспортными средствами, применения экологически чистых хладагентов, а также снизить стоимость, повысить ресурс, надежность и доступность бортовых СКВ, улучшить их потребительские свойства. Следует отметить, что избыточное давление рабочего тела в термоакустических СКВ значительно ниже, чем в пароконпрессорных и не превышает 0,1...0,2 МПа.

Литература

1. **Feldman K.T.** Review of literature on Rijke thermoacoustic phenomena // Journal of Sound and Vibration. – 1968. – Vol. 7. – No. 1. – P. 83-89.
2. **Swift G.W.** Thermoacoustics: A unifying perspective for some engines and refrigerators // Published by the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics. – 2002. – 300 p.

Определение цетанового числа и теплоты сгорания биодизельного топлива

В.Г. Семенов,
директор ООО «НИИ альтернативных топлив»
(г. Харьков), к.т.н.

Дана оценка влияния жирнокислотного состава биодизельного топлива на цетановое число и его низшую теплоту сгорания. Рассмотрены растительные масла в широком диапазоне: от кокосового с расчетными величинами $ИЧ^P=11,8$; $ЧО^P=247,5$; $ЦЧ^P=65,7$ и $Q_H^P=35,34$ до льняного с $ИЧ^P=188,9$; $ЧО^P=191,5$; $ЦЧ^P=32,3$ и $Q_H^P=36,92$. Приведенные математические зависимости позволяют по результатам газожидкостной хроматографии образцов биодизельного топлива определять цетановое число и Q_H (Q_L).

Ключевые слова: цетановое число, растительные масла, биодизельное топливо.

Numerical and experimental studies to determine the cetane number and calorific value of biodiesel

V.G. Semenov

The report assessed the influence of fatty acid composition of biodiesel cetane number and lower heat of combustion. It dealt with vegetable oil in a wide range: from coconut oil $IN^{EST}=11,8$; $SN^{EST}=247,5$; $CN^{EST}=65,7$ and $Q_L^{EST}=35,34$ to linseed oil $IN^{EST}=188,9$; $SN^{EST}=191,5$; $CN^{EST}=32,3$ and $Q_L^{EST}=36,92$. These mathematical relationships allow the results of gasliquid chromatography of samples of biodiesel to CN and Q_H (Q_L).

Keywords: cetane number, vegetable oils, biodiesel.

Одличительной особенностью биодизельного топлива (БТ) от дизельного (ДТ) является его состав [1]. В состав БТ в большинстве случаев входит не более 7-10 метиловых эфиров насыщенных и моно-, полиненасыщенных жирных кислот, в то время как ДТ содержит сотни индивидуальных углеводородов. От рационального сочетания компонентов моторного топлива зависят такие интегральные показатели, как цетановое число (ЦЧ) и теплота сгорания (высшая Q_B и низкая Q_H), которые, в свою очередь, определяют качество рабочего процесса,

топливную экономичность двигателя и его экологические характеристики.

В работе [2] приведены диапазоны изменений значений ЦЧ БТ из растительных масел и животных жиров. Для рапсового БТ диапазон ЦЧ находится в пределах 51,0...59,0 (44,0...65,0), для животного жира – 58,0...64,8. Калориметрические исследования Q_B [3] показали, что по мере повышения содержания метилового эфира эруковой кислоты от 0,8 до 31 % Q_B увеличивается на 0,27 МДж/кг. Анализ работ [2, 3, 4] позволил сделать вывод о том, что на значения ЦЧ и Q_B биодизельного топлива оказывает влияние жирнокислотный состав (ЖКС) БТ, который предопределяет значение иодного числа (ИЧ) и числа омыления (ЧО). Анализ значительного количества зарубежных публикаций (Германия, США, Индия, Турция и др.) позволил обобщить данные по ЦЧ чистых метиловых эфиров жирных кислот – C6:0=18,0; C8:0=33,6; C10:0=47,9; C12:0=61,1; C14:0=69,9; C16:0=74,4; C16:1=51,0; C18:0=76,3; C18:1=57,2; C18:2=36,8; C18:3=21,6; C22:1=76,0. В работе Clements (1996) ЦЧ БТ предлагается определять пропорционально процентному содержанию X_i метиловых эфиров. В работе [2] приведено уравнение регрессии для определения ЦЧ растительных масел и животных жиров

$$\begin{aligned} \text{ЦЧ} = & 1,0X_1 + 0,088X_2 + 0,133X_3 + 0,152X_4 - \\ & - 0,101X_5 - 0,039X_6 - 0,243X_7 - 0,395X_8, \end{aligned} \quad (1)$$

где $X_1...X_8$ – содержание (относительные доли) метиловых эфиров жирных кислот – лауриновой C12:0, миристиновой C14:0, пальмитиновой C16:0, стеариновой C18:0, олеиновой C18:1, линолевой C18:2 и линоленовой C18:3.

С учетом ЖКС БТ рассчитывается ЦЧ в работе [4]:

$$\text{ЦЧ} = 46,3 + 5458/\text{ЧО} - 0,225\text{ИЧ}, \quad (2)$$

$$\text{ИЧ} = \sum(254DA_i)/MW_i, \quad (3)$$

$$\text{ЧО} = \sum(560A_i)/MW_i, \quad (4)$$

где A_i – процентное содержание ненасыщенных компонентов; D – число двойных связей (1,2 или 3); MW_i – молекулярная масса компонентов.

Рассмотрим расчетные способы определения Q_B (Q_H) БТ. В работе [3] приведены данные по определению Q_B (Q_H), ИЧ, ЧО и апробирована формула Бертрана

$$Q_B^P = 4,1868(11380 - \text{ИЧ} - 9,15\text{ЧО}), \text{ кДж/кг.} \quad (5)$$

Показано, что Q_B^P , рассчитанная по формуле (5), хорошо коррелируется с $Q_B^{\text{Менд}}$, определяемой по формуле Д.И. Менделеева

$$Q_B^{\text{Менд}} = 34,013C + 125,69H - 10,9(O - S), \text{ МДж/кг.} \quad (6)$$

Низшая теплота сгорания Q_H определяется как

$$Q_H = Q_B - 2,512(9H + W), \text{ МДж/кг.} \quad (7)$$

В формулах (6) и (7) C, H, O, S и W – массовые доли в топливе соответственно углерода, водорода, кислорода, серы и воды.

В таблице приведены результаты расчетно-экспериментального исследования по оценке влияния ЖКС БТ на ЦЧ и Q_H . В исследованиях использовались собственные данные и данные зарубежных авторов [2, 4, 5].

Таким образом, можно сделать выводы о том, что знание ЖКС биодизельного топлива, определенного способом газожидкостной хроматографии, позволяет проводить прогностические расчеты цетанового числа и низшей теплоты сгорания.

Жирнокислотный состав и показатели метиловых эфиров жирных кислот

Метиловые эфиры растительных масел	Жирные кислоты									С, Н, О	ИЧ ^Э , ИЧ ^Р г ₂ /100г	ЧО ^Э , ЧО ^Р мг КОН/г	ЦЧ ^Э , ЦЧ ^Р –	Q ^Э _Н , Q ^Р _Н МДж/кг	Q ^{Менд} _Н , Q ^{Бомб} _Н МДж/кг	ЦЧ ^{ДВС} , ЦЧ ^{по ф (1)}
	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0 C20:1	C22:0 C22:1	C16:2 ... C21:0 ... C24:1							
Рапсовый МЭРМ–10	4,0	0,2	1,6	48,1	19,1	9,5	0,6 5,3	0,4 10,8	0,4	0,773 0,121 0,106	106,5 111,3	189,1 185,8	51,2 49,6	37,22 37,32	37,53 37,53	49 –
МЭРМВ–30	3,0	0,2	1,4	23,6	20,1	8,3	0,6 8,3	0,6 31,0	2,9	0,77 0,122 0,101	117,2 107,2	174,2 179,3	51,3 52,6	37,72 37,57	37,82 37,65	54 –
МЭМР, MSP 13 [5]	3,4	–	1,6	83,4	8,6	1,3	0,4 1,1	0,2 –	–	0,770 0,122 0,108	91,7 90,8	185,7 189,3	55,1 54,7	37,39 37,25	37,58 –	57,2 –
МЭМР, Caracas [5]	4,7	–	1,6	63,4	17,7	10,5	0,6 0,9	0,6 –	–	0,7675 0,124 0,1085	113,5 112,8	191,6 188,6	49,3 49,9	37,03 37,15	37,69 –	51,2 –
Соевый МЭСМ, High Oleic [2]	5,4	–	4,2	81,3	3,8	5,3	–	–	–	0,7695 0,122 0,1085	– 90,0	– 190,0	– 54,8	– 37,23	37,55 –	– 56,3
МЭСМ, Кременчуг [2]	7,1	–	1,0	36,0	53,5	1,1	0,4 0,3	0,7 –	–	0,772 0,119 0,109	– 126,0	– 190,8	– 46,6	– 37,13	37,33 –	– 47,4
Подсол- нечный МЭПМ, Эней	5,0	–	3,0	87,0	5,0	–	–	–	–	0,769 0,1225 0,1085	– 81,1	– 189,8	– 56,8	– 37,27	37,59 –	– 57,6
Кокосовый МЭКМ [4]	11,3	C8:0 7,0	4,2	8,7	2,5	C10:0 5,7	C12:0 42,4	C14:0 18,1	–	0,740 0,1225 0,1375	– 11,8	– 247,5	– 65,7	35,34	36,29	–
Льняной МЭЛМ [4]	6,1	–	4,6	17,5	15,9	55,9	–	–	–	0,7755 0,115 0,1095	– 188,9	– 191,5	– 32,3	– 36,92	37,03 –	– 36,0

Примечание. C16:0...C24:1 – объемное содержание жирных кислот в образцах БТ; С, Н и О – относительные доли углерода, водорода и кислорода в БТ; индексы «Э» и «Р» при ИЧ, ЧО, ЦЧ и Q_Н относятся к данным величинам, вычисленным следующим образом: индекс «Э» – с использованием ИЧ и ЧО, которые определялись по стандартам (ГОСТ 2070 и ГОСТ 5478); индекс «Р» – с использованием ИЧ и ЧО, которые определялись по формулам (3) и (4); ЦЧ^{ДВС} – экспериментальным путем на одноцилиндровом дизеле с изменяемой степенью сжатия; Q_Н^{Бомб} – по данным измерений в калориметрической бомбе.

Литература

1. **Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г.** Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 340 с.
2. **Vamgboye A.I., Hansen A.C.** Prediction of cetane number of biodiesel fuel from the fatty acid methyl ester (FAME) composition – Int. Agrophysics. 2008; 22:21-29.
3. **Семенов В.Г., Зинченко А.А.** Вычисление теплоты сгорания биотоплив по данным калориметрии и хроматографии // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 6. – С. 42-44.
4. **Mohibbe Azam M., Amtul Waris, Nahar N.M..** Prospects and potential of fatty acid methyl ester of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. – Biomass and Bioenergy. 2005; 29:293-302.
5. **Деспегель Жан-Пьер.** Композиция алкильных эфиров масла рапсовых семян, способ их получения и применения как биодизельного топлива. – Патент Украины UA 88911 С2, МПК (2009), С11С 3/00, С10L 1/18, опубл. 10.12.2009. Бюл. № 23, 2009.

Влияние применения этанола-топливной эмульсии на эффективные показатели дизеля 4С 11,0/12,5

В.А. Лиханов,
профессор ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА», д.т.н.,
А.И. Чупраков,
инженер ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА»,
А.В. Зонов,
инженер ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА»,
И.М. Шаромов,
инженер ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА»

Рассмотрена возможность применения этанола-топливных эмульсий в качестве альтернативного топлива для дизелей. Статья содержит данные исследований, проведенных на базе кафедры двигателей внутреннего сгорания Вятской ГСХА на дизеле 4С 11,0/12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии. Приведены эффективные и экономические показатели при работе дизеля на этанола-топливной эмульсии.

Ключевые слова: дизель, этанол, этанола-топливная эмульсия (ЭТЭ), эффективные показатели, отработавшие газы (ОГ).

The influence of application of the ethanol-fuel emulsion on the effective to factors of the separation of the heat of the diesel 4С 11,0/12,5

V.A. Likhanov, A.I. Chuprakov, A.V. Zonov, I.M. Sharomov

In article considers a possibility of the using ethanol-fuel emulsion as alternative fuel for diesels. The article contains the data of the research carried out at the department of internal combustion engines of Vyatka SAA on diesel D-240 when functioning on ethanol-fuel emulsion. Effective to factors of the diesel on ethanol-fuel emulsion are given.

Keywords: diesel, ethanol, ethanol-fuel emulsion, effective performance, exhaust gases.

Кнастоящему времени в нашей стране, как и во всем мире, складывается неблагоприятная экологическая обстановка. Существенную роль в загрязнении окружающей среды и, в первую очередь, воздуха,

безусловно, играет и автомобильный транспорт. Одним из наиболее эффективных способов снижения выбросов отработавших газов является использование альтернативных топлив, в том числе из возобновляемого

сырья. К такими топливами относятся метиловый и все более актуальный этиловый спирты, а также эмульсии на их основе [1, 2]. В то же время использование этих топлив в двигателях с искровым зажиганием практикуется достаточно давно и показало свою эффективность. При этом практически не изучен вопрос об использовании вышеуказанных топлив в автомобильных и тракторных дизелях [3]. Помимо снижения токсичности ОГ при работе дизелей на альтернативном топливе, необходимо изучение эффективности применения с точки зрения экономичности и процесса горения.

Для изучения влияния этанола-топливной эмульсии, применяемой в качестве моторного топлива для дизеля 4С 11,0/12,5, на рабочий процесс и содержание токсичных компонентов в ОГ была проведена серия стендовых испытаний.

Стендовые испытания заключались в снятии регулировочных, нагрузочных и скоростных характеристик при работе дизеля как на ДТ, так и на ЭТЭ. Оптимальный установочный угол определяли исходя из минимальных удельных эффективных расходов ДТ и ЭТЭ. Регулировочные и нагрузочные характеристики снимали на двух частотах вращения коленчатого вала: $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ (номинальный скоростной режим) и $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$ (максимальный крутящий момент). Регулировочные характеристики снимались на четырех различных установочных углах опережения впрыска топлива (УОВТ) $\theta_{\text{впр}} = 20^\circ, 23^\circ, 26^\circ$ и 29° . Характеристики снимались при равных значениях средних эффективных давлений.

После снятия и обработки регулировочных характеристик при одинаковом часовом расходе топлива G_T были построены графики (рис. 1).

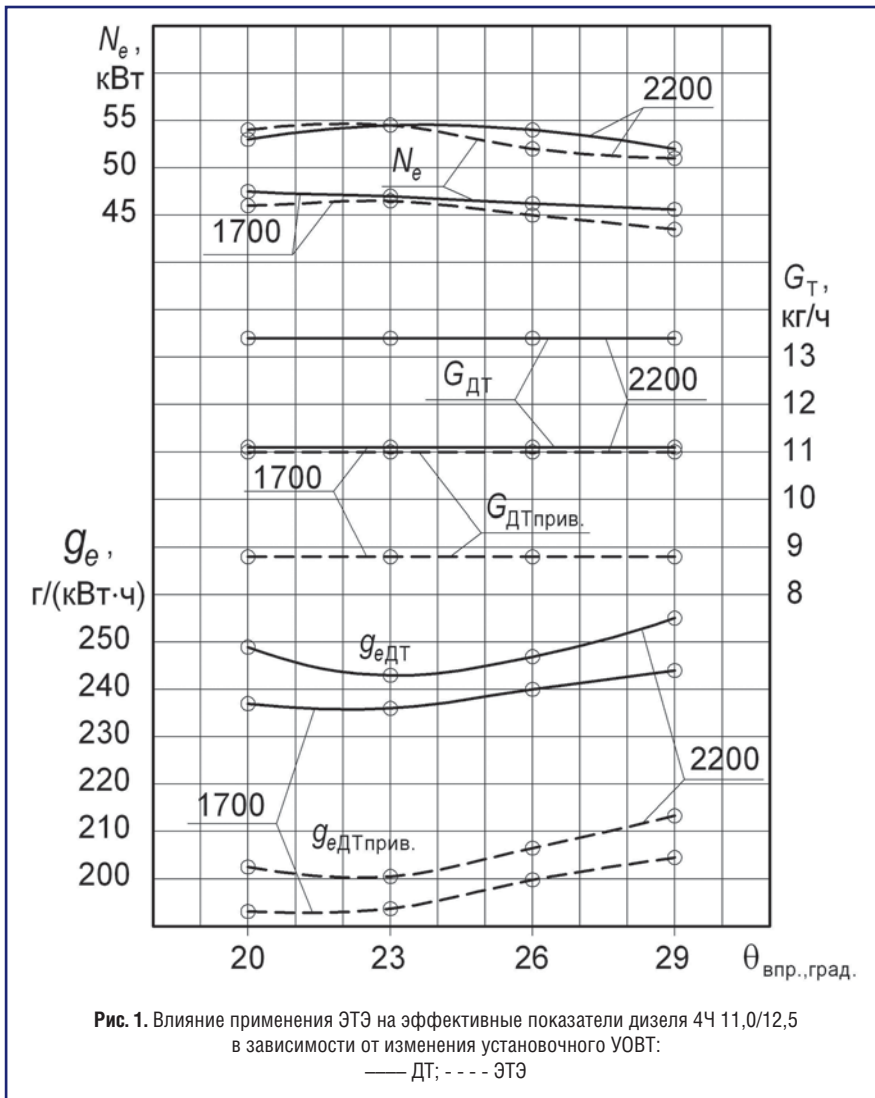


Рис. 1. Влияние применения ЭТЭ на эффективные показатели дизеля 4С 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ:
— ДТ; - - - - ЭТЭ

Анализ работы дизеля 4С 11,0/12,5 на ЭТЭ при номинальной частоте вращения коленчатого вала $n=2200 \text{ мин}^{-1}$ и при постоянном часовом расходе $G_{\text{ЭТЭ}} = 16,3 \text{ кг/ч}$ показал, что эффективная мощность $N_e = 54,5 \text{ кВт}$ и достигается при установочном УОВТ $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 23^\circ$. Часовой расход ДТ в составе ЭТЭ составляет $G_{\text{ДТ прив}} = 11,0 \text{ кг/ч}$. Удельный расход ЭТЭ $g_{e\text{ЭТЭ}} = 297 \text{ г/(кВт·ч)}$, а удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ $g_{e\text{ДТ прив}} = 200,5 \text{ г/кВт}$. При применении ЭТЭ увеличивается расход альтернативного топлива, что связано с меньшей теплотой сгорания ЭТЭ. При увеличении установочного УОВТ до $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 26^\circ$ эффективная мощность снижается до $N_e = 52,0 \text{ кВт}$

или на 4,6 %, удельный расход ЭТЭ возрастает до $g_{e\text{ЭТЭ}} = 306 \text{ г/(кВт·ч)}$, что составляет 3,0 %, а удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ – до $g_{e\text{ДТ прив}} = 206,6 \text{ г/кВт}$, увеличение составляет 3,0 %. При дальнейшем росте установочного УОВТ до $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 29^\circ$ тенденция падения эффективной мощности и увеличения удельного расхода ЭТЭ сохраняется и составляет при этом $N_e = 51,0 \text{ кВт}$, уменьшение 6,4 %, $g_{e\text{ЭТЭ}} = 316 \text{ г/(кВт·ч)}$, увеличение 6,4 %, а удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{e\text{ДТ прив}} = 213,3 \text{ г/кВт}$, увеличение 6,4 %. При уменьшении установочного УОВТ до $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 20^\circ$ эффективная мощность снижается до $N_e = 54,0 \text{ кВт}$ – на 0,9 %, а удельный

эффективный расход увеличивается до $g_{e\text{ЭТЭ}} = 300 \text{ г/(кВт·ч)}$ – на 1,0 %. Удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{e\text{ДТ прив}} = 202,5 \text{ г/кВт}$, то есть на 1,0 %.

Анализ работы дизеля 4С 11,0/12,5 на ЭТЭ при частоте вращения коленчатого вала, соответствующей максимальному крутящему моменту $n=1700 \text{ мин}^{-1}$ и при постоянном часовом расходе $G_{\text{ЭТЭ}} = 13,1 \text{ кг/ч}$, позволил сделать следующие выводы: на данной точке эффективная мощность составляет $N_e = 46,5 \text{ кВт}$ и достигается при установочном УОВТ $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 23^\circ$. Часовой расход ДТ в составе ЭТЭ $G_{\text{ДТ прив}} = 8,8 \text{ кг/ч}$. Удельный расход ЭТЭ – $g_{e\text{ЭТЭ}} = 287 \text{ г/(кВт·ч)}$, а удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ – $g_{e\text{ДТ прив}} = 193,7 \text{ г/кВт}$. При увеличении установочного УОВТ до $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 26^\circ$ эффективная мощность снижается до $N_e = 45,0 \text{ кВт}$ или на 3,2 %, удельный расход ЭТЭ возрастает до $g_{e\text{ЭТЭ}} = 296 \text{ г/(кВт·ч)}$, что составляет 3,1 %, а удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{e\text{ДТ прив}} = 199,8 \text{ г/кВт}$, то есть на 3,1 %.

При дальнейшем увеличении установочного УОВТ до $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 29^\circ$ тенденция падения эффективной мощности и увеличения удельного расхода ЭТЭ сохраняется, при этом $N_e = 43,5 \text{ кВт}$, уменьшение составляет 6,5 %, $g_{e\text{ЭТЭ}} = 303,0 \text{ г/(кВт·ч)}$, увеличение на 5,6 %, а удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ возрастает до $g_{e\text{ДТ прив}} = 204,5 \text{ г/кВт}$, то есть на 5,6 %. При уменьшении установочного УОВТ до $\theta_{\text{впр. ЭТЭ}} = 20^\circ$ эффективная мощность снижается до $N_e = 46,0 \text{ кВт}$ – на 1,1 %, а удельный эффективный расход увеличивается до $g_{e\text{ЭТЭ}} = 286,1 \text{ г/(кВт·ч)}$ – на 0,3 %. Удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ снижается до $g_{e\text{ДТ прив}} = 193,1 \text{ г/кВт}$, уменьшение составляет 0,3 %.

После проведенного анализа регулировочной характеристики дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ДТ и ЭТЭ можно сделать вывод о значительном влиянии установочного УОВТ на мощностные и экономические показатели.

Исходя из минимального удельного расхода g_e был выбран оптимальный установочный УОВТ, который для дизеля, работающего на ДТ и ЭТЭ, составил $\theta_{\text{впр ДТ, ЭТЭ}} = 23^\circ$. При его росте происходит усиление «жесткости» работы, что увеличивает напряжения в ЦПГ и может привести к ее разрушению. При поздних установочных углах температура охлаждающей жидкости повышается, что может привести к перегреву дизеля.

Эффективные показатели дизеля 4С 11,0/12,5, снятые при работе на ДТ и ЭТЭ на номинальном режиме в зависимости от изменения нагрузки, представлены на рис. 2.

При работе дизеля на ДТ на номинальной частоте вращения при $n=2200 \text{ мин}^{-1}$ выявляется ряд закономерностей. С увеличением нагрузки часовой расход топлива $G_{\text{ДТ}}$ возрастает от 5,2 кг/ч при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 14,8 кг/ч при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$, следовательно рост составляет 9,8 кг/ч. С повышением нагрузки снижается удельный эффективный расход топлива $g_{\text{еДТ}}$. При минимальной нагрузке, соответствующей $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, $g_{\text{еДТ}} = 465 \text{ г/(кВт·ч)}$.

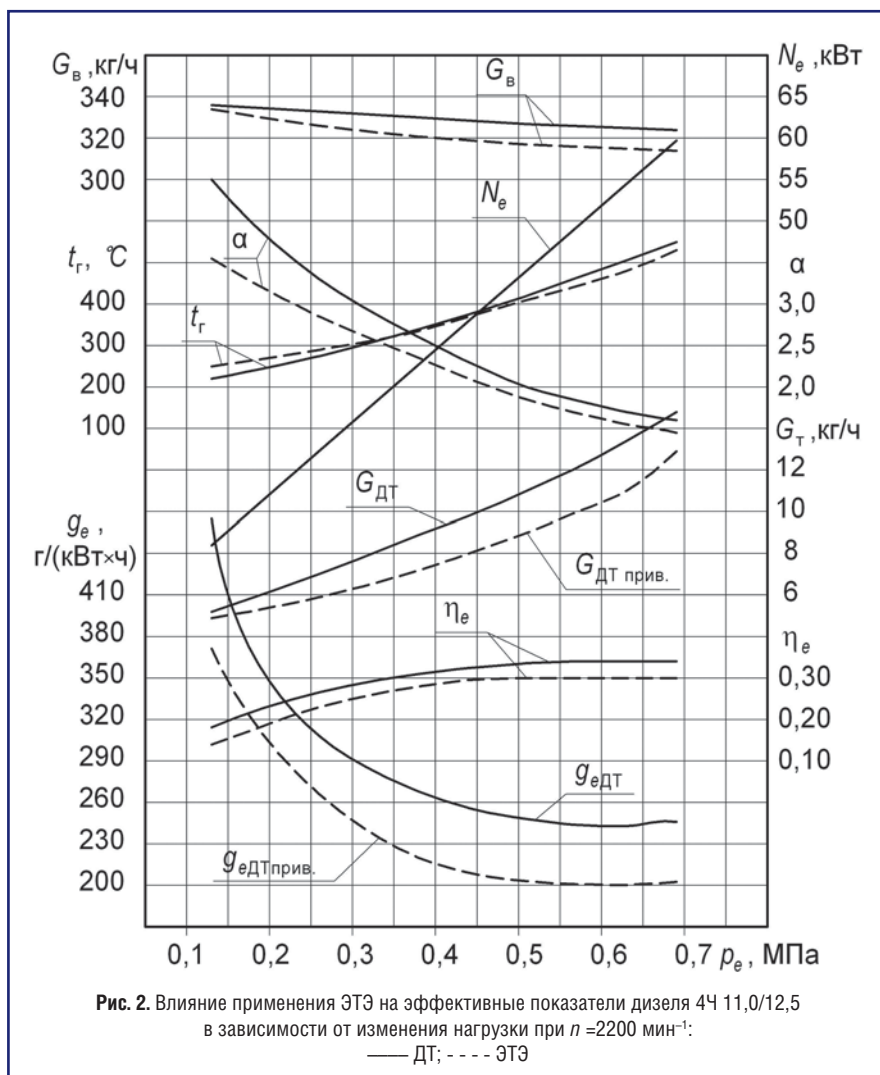
При анализе нагрузочных характеристик, соответствующих работе

дизеля на ЭТЭ на номинальной частоте вращения, можно сделать вывод, что характер изменения эффективных показателей аналогичен соответствующим показателям дизельного процесса.

С увеличением нагрузки часовой расход топлива $G_{\text{ЭТЭ}}$ возрастает от 7,3 кг/ч при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 18,2 кг/ч при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$, следовательно увеличение составляет 10,9 кг/ч или в 2,5 раза. Соответственно растет часовой расход ДТ в составе ЭТЭ $G_{\text{ДТ прив}}$ от 4,9 кг/ч при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до 12,3 кг/ч при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$. Рост составляет 7,4 кг/ч или в 2,5 раза. С ростом нагрузки снижается удельный эффективный расход топлива $g_{\text{еЭТЭ}}$.

Так, при минимальной нагрузке, соответствующей $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, $g_{\text{еЭТЭ}} = 550 \text{ г/(кВт·ч)}$, а при номинальной нагрузке, соответствующей $p_e = 0,64 \text{ МПа}$, $g_{\text{еЭТЭ}} = 297 \text{ г/(кВт·ч)}$. Снижение удельного расхода составляет 253 г/(кВт·ч) или 46,0%. При дальнейшем увеличении нагрузки до $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ $g_{\text{еЭТЭ}} = 300 \text{ г/(кВт·ч)}$. Соответственно изменяется и удельный эффективный расход ДТ в составе ЭТЭ. Так, при росте нагрузки от $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до номинального эффективного давления $p_e = 0,64 \text{ МПа}$ $g_{\text{еДТ прив}}$ варьируется от 371 до 201 г/(кВт·ч), снижение составляет 170 г/(кВт·ч) или 45,8%.

При дальнейшем увеличении нагрузки до $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ $g_{\text{еДТ прив}}$ несколько увеличивается до 203 г/(кВт·ч). Эффективный КПД возрастает от $\eta_e = 0,140$ при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ до $\eta_e = 0,300$ при $p_e = 0,69 \text{ МПа}$, или в 2,1 раза. Часовой расход воздуха при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ составляет $G_B = 334 \text{ кг/ч}$ и с увеличением нагрузки до $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ снижается до 314 кг/ч, то есть на 20 кг/ч или 6,0%. При малой нагрузке, соответствующей $p_e = 0,13 \text{ МПа}$, коэффициент



избытка воздуха $\alpha = 3,6$, а при максимальной нагрузке $p_e = 0,69$ МПа – $\alpha = 1,5$, снижение составляет 41,7 %. С увеличением нагрузки от $p_e = 0,13$ МПа до $p_e = 0,69$ МПа возрастает температура отработавших газов от $t_r = 250$ °С до $t_r = 530$ °С, то есть на 280 °С или 52,8 %.

Сравнивая работу дизеля 4С11,0/12,5 на ДТ и ЭТЭ при оптимальном установочном УОВТ и номинальной частоте вращения, можно отметить следующие особенности. Мощностные показатели дизеля сохраняются. С увеличением нагрузки от минимальной при $p_e = 0,13$ МПа до максимальной при $p_e = 0,69$ МПа эффективная мощность N_e растет линейно в диапазоне от 11,0 до 59,7 кВт. При работе дизеля на ЭТЭ часовой расход топлива больше, чем при работе на ДТ, то есть $G_{ЭТЭ} > G_{ДТ}$. На режиме малых нагрузок ($p_e = 0,13$ МПа) G_T при переходе с ДТ на ЭТЭ увеличивается от 5,2 до 7,3 кг/ч, или на 40,4 %. При максимальной нагрузке $p_e = 0,69$ МПа часовой расход топлива возрастает от 14,8 при работе на ДТ до 18,2 кг/ч при работе на ЭТЭ. Увеличение составляет 3,4 кг/ч или 23,0 %. Наблюдается уменьшение часового расхода ДТ в составе ЭТЭ по сравнению с работой на ДТ. Так, при $p_e = 0,13$ МПа G_T снижается от 5,2 при работе на ДТ до 4,9 кг/ч при работе на ЭТЭ или на 5,8 %.

При увеличении нагрузки до $p_e = 0,69$ МПа часовой расход G_T также снижается от 14,8 при работе дизеля на ДТ до 12,3 кг/ч при работе дизеля на ЭТЭ или на 16,9 %. Удельный расход $g_{ЭТЭ}$ при работе на ЭТЭ выше, чем $g_{ДТ}$ при работе на ДТ во всем диапазоне изменения нагрузок. На режиме минимальной нагрузки при $p_e = 0,13$ МПа при переводе дизеля на ЭТЭ $g_{ЭТЭ} = 465$ г/(кВт·ч) при работе на ДТ и $g_{ЭТЭ} = 550$ г/(кВт·ч) при работе на

ЭТЭ, при этом увеличение составляет 18,3 %. На номинальной нагрузке при $p_e = 0,64$ МПа $g_{ДТ} = 243$ г/(кВт·ч), а $g_{ЭТЭ} = 297$ г/(кВт·ч), увеличение составляет 22,2 %. При увеличении нагрузки до максимальной при $p_e = 0,69$ МПа $g_{ДТ} = 246$ г/(кВт·ч), а $g_{ЭТЭ} = 300$ г/(кВт·ч), то есть рост составляет 22,0 %. Эффективный удельный расход ДТ в составе ЭТЭ $g_{ДТприв}$ во всем диапазоне изменения нагрузок ниже, чем значения $g_{ДТ}$ при работе на ДТ. На режиме минимальной нагрузки при $p_e = 0,13$ МПа $g_{ДТприв} = 371,3$ г/(кВт·ч) при работе на ЭТЭ и $g_{ДТ} = 465$ г/(кВт·ч) при работе на ДТ, снижение составляет 20,2 %.

На режиме номинальной нагрузки при $p_e = 0,64$ МПа $g_{ДТприв} = 200,5$ г/(кВт·ч), а $g_{ДТ} = 243$ г/(кВт·ч), таким образом снижение ДТ в составе ЭТЭ составляет 17,5 %. На режиме максимальной нагрузки при $p_e = 0,69$ МПа $g_{ДТприв} = 202,5$ г/(кВт·ч), а при работе на дизельном топливе $g_{ДТ}$ возрастает до 246 г/(кВт·ч), расход ДТ на данном режиме снижается на 17,7 %.

Эффективный КПД η_e при работе дизеля на ЭТЭ во всем диапазоне изменения нагрузки несколько ниже, чем при работе на ДТ. На минимальной нагрузке при $p_e = 0,13$ МПа и работе на ДТ $\eta_e = 0,181$, а при работе дизеля на ЭТЭ $\eta_e = 0,140$. Снижение η_e составляет 22,7 %. При максимальной нагрузке, соответствующей

$p_e = 0,69$ МПа, η_e снижается от 0,340 до 0,300 или на 11,8 %. Часовой расход воздуха при $p_e = 0,13$ МПа снижается от 336 кг/ч при работе на ДТ до 334 кг/ч при работе дизеля на ЭТЭ, то есть на 0,6 %. При переходе на режим максимальной нагрузки с $p_e = 0,69$ МПа $G_B = 324$ кг/ч при работе на ДТ и снижается до $G_B = 314$ кг/ч при работе на ЭТЭ, что составляет 3,1 %. Это связано с наличием в составе ЭТЭ частиц кислорода, которые в свою очередь оказывают влияние на коэффициент избытка воздуха α .

На нагрузке, соответствующей $p_e = 0,13$ МПа, $\alpha = 4,5$ при работе на ДТ, а при работе на ЭТЭ $\alpha = 3,6$. Снижение составляет 20,0 %. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,69$ МПа $\alpha = 1,6$ при работе на ДТ и $\alpha = 1,5$ при работе на ЭТЭ. Снижение составляет 6,3 %.

При нагрузке $p_e = 0,13$ МПа температура ОГ составляет $t_r = 220$ °С при работе на ДТ, а при переходе на ЭТЭ повышается до $t_r = 250$ °С. При $p_e = 0,36$ МПа температура ОГ выравнивается, как при работе на ДТ и ЭТЭ, и составляет 330 °С. На максимальном нагрузочном режиме с $p_e = 0,69$ МПа при переводе дизеля на работу на ЭТЭ температура ОГ снижается от 550 °С при работе на ДТ до 530 °С при работе на ЭТЭ. Снижение составляет 3,6 %.

Литература

1. Лиханов В.А., Романов С.А. Исследование рабочего процесса дизеля 4С11,0/12,5 при работе на метаноле-топливной эмульсии: монография / под общ. Ред. В.А. Лиханова. – Киров: Вятская ГСХА, 2010. – 166 с.
2. Лиханов В.А., Романов С.А., Торопов А.Е. Изменение токсических показателей дизеля при работе на метаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – № 4. – С. 7-8.
3. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития. Сб. ст. – М.: ФГНУ «Росинформротех», 2008. – 404 с., ил.

Российские инновации на выставке HeliRussia 2011

В.П. Зайцев,
генеральный директор ОАО «Интеравиагаз»,
В.И. Маврицкий,
начальник НИО-10 ФГУП «ЦАГИ», к.т.н.,
С.К. Постоев,
начальник отдела ФГУП ГосНИИ ГА, к.т.н.

Russian innovations at the exhibition HeliRussia 2011

V.P. Zajtsev, V.I. Mavritskiy, S.K. Postoev

Отечественная авиационная промышленность, а вместе с ней и вертолетная индустрия переживают не самые простые времена. Одна из причин – большие удельные расходы топлива российских двигателей в сравнении с зарубежными, что негативно отражается на прямых эксплуатационных расходах. Попытки повторить зарубежные технические решения обрекают на постоянную погоню за удаляющимися конкурентами. Однако в условиях ограниченных финансовых возможностей, в которых находится наша наука, сравняться, а тем более перегнать зарубежную технику весьма проблематично. В такой инновационной гонке мы никогда не будем первыми а, скорее всего, и не вторыми...

Поэтому, может быть, с определенным венчурным риском, но нужно искать новые технические решения, которые позволят работать на опережение. Только в этом случае можно рассчитывать на получение авиационной промышленностью России конкурентных преимуществ. И не верьте, что российская наука

выдохлась, что у нее нет передовых идей. Идей и планов много. Однако современный авиационный инновационный бизнес поставлен в условия, которые не позволяют их в полной мере реализовать.

Об одной из таких прорывных российских инноваций, которая может позволить вывести отечественные

вертолеты, а затем и самолеты региональной авиации в разряд уникальных в своем классе летательных аппаратов, имеющих не только минимальные затраты по статье «авиатопливо», но и значительно лучшие характеристики по эмиссии двигателей, шла речь на круглом столе, прошедшем в мае этого года в Крокус Сити в рамках IV Международной выставки HeliRussia 2011. Этот круглый стол по теме «Вопросы использования альтернативных топлив пропан-бутанового ряда (АСКТ) на вертолетах и других воздушных судах» был проведен Экспертным советом по актуальным научно-техническим и социально-экономическим проблемам при вице-спикере Государственной Думы СФ РФ совместно с ФГУП ЦАГИ, ФГУП ГосНИИ ГА и ОАО «Интеравиагаз». На нем обсуждались особенности внедрения в авиацию газотопливной технологии, которая может позволить использовать на воздушных судах в качестве топлива экологически более чистый и дешевый сжиженный углеводородный газ – авиационное сконденсированное топливо АСКТ (ТУ 39-1547-91), себестоимость производства которого сопоставима с автопропаном.

Задача круглого стола – проинформировать специалистов и широкую общественность о научно-исследовательских, опытно-конструкторских и организационно-методических работах, проделанных в данной области, о реальности осуществления этого инновационного проекта в нашей стране, его эффективности и, главное, перспективности в энергетическом, экономическом, экологическом и социальном аспектах. В работе круглого стола приняло участие рекордное число представителей организаций и структур различных форм собственности (более 40) – от предприятий малого и среднего бизнеса до государственных специализированных министерств и ведомств. Общее число присутствующих на заседании (включая



Президиум круглого стола «Вопросы использования альтернативных топлив пропан-бутанового ряда (АСКТ) на вертолетах и других воздушных судах»



Опытно-промышленный двухтопливный вертолет-газолет Ми-8ТГ в серийном исполнении

зарубежных участников) составило около 80 человек.

Во время работы круглого стола была продемонстрирована видеозапись полетов первого в мире двухтопливного вертолета, двигатели которого могут работать как на традиционном авиакеросине, так и на АСКТ, а также на их смеси. К сожалению, работы по этому проекту были прерваны из-за отсутствия средств. Кроме того, участники могли услышать интересные сообщения специалистов, давно исследующих различные аспекты этого проекта, из ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИ ГА, Интеравиагаза, НИПИгазпереработки, Авиапромсервиса, Пермского ГТУ, а также из недавно подключившихся к этой работе Сибур-холдинга, Государственного университета управления, Евроавиагаза и др., и даже принять участие в обсуждении перспектив этого направления в развитии авиации.

Выступившие на круглом столе отмечали, что в настоящее время у мировой общественности и специалистов экологические и энергетические проблемы устойчивого развития вызывают все большую озабоченность. Более того, со ссылкой на экспертные оценки высказывали предположения,

что и без того высокая стоимость авиакеросина будет расти и в дальнейшем. Подчеркивалось, что актуальность обсуждаемых на круглом столе проблем связана с насущной необходимостью поиска новых сырьевых ресурсов для создания более энергоемких, дешевых и экологически чистых авиатоплив. Было отмечено, что и за рубежом также появился интерес к исследованиям и испытаниям на воздушных судах различных альтернативных топлив.

Выступающие заявляли, что реальным решением этой проблемы является внедрение в авиационную технику газотопливной технологии – альтернативных топлив, получаемых из нефтяного и природного газов (бутан, пропан, метан и др.), синтетических (диметилэфир и др.), а также в перспективе водорода, которые по чистоте продуктов сгорания выгодно отличаются от авиакеросина, а некоторые из этих топлив еще и существенно дешевле.

Этим направлением исследований ФГУП «ЦАГИ», ФГУП ГосНИИ ГА, ФГУП «ЦИАМ», ОАО «НИПИгазпереработка», ОАО «Интеравиагаз», авиационные КБ и другие организации занимаются с конца прошлого века. В результате

в нашей стране первый в мире полет экспериментального вертолета Ми-8ТГ, один из двух двигателей которого работал на топливе пропан-бутанового ряда, состоялся в 1987 г., а на испытаниях самолета – летающей лаборатории Ту-154ЛЛ, – начавшихся в 1988 г., один из трех двигателей работал на жидком водороде и сжиженном природном газе (метане).

В Российской Федерации за прошедший период не только накоплен богатый опыт по разработке и испытаниям вертолетов, газотурбинных двигателей и их агрегатов и проверено взаимодействие различных министерств и ведомств, но и впервые в мировой практике авиастроения создан действующий опытно-промышленный экземпляр двухтопливного вертолета, оба двигателя которого могли работать на авиакеросине, АСКТ и их смеси. Этот вертолет был продемонстрирован в полете на Международном авиасалоне «МАКС-95» в г. Жуковском. Кроме того, за это время была разработана технология получения АСКТ из попутных нефтяных и «жирных» природных газов, что кратно уменьшает стоимость авиатоплива, особенно в регионах нефтегазодобычи, на газо- и нефтеперерабатывающих заводах и даже непосредственно на месторождениях. Также определена элементная база для установок топливообеспечения и заправки воздушных судов АСКТ. Причем, все это произошло в относительно короткие промежутки времени: с 1985 по 1995 гг. и в начале 2000-х гг., когда разработки частично поддерживались государством.

Перевод на АСКТ вертолетов, а в дальнейшем и самолетов региональной авиации полностью соответствует общему направлению государственной политики России. Вопросы использования АСКТ на вертолетах, как первого этапа внедрения газотопливной технологии в авиационную технику, неоднократно обсуждались и получали поддержку на парламентских слушаниях и заседаниях различных комитетов Государственной

Думы и Совета Федерации Федерального Собрания РФ, Торгово-промышленной палаты, Российского газового общества, Союза транспортников России, Союза нефтегазопромышленников России и др., а также на многих российских и международных конференциях, в специальных и популярных изданиях.

Результатами российских исследований по использованию пропан-бутана в качестве авиационного топлива интересуются некоторые фирмы не только из ближнего (Украина и Литва), но и дальнего зарубежья. Этот интерес в отдельных случаях выливается и во вполне деловое сотрудничество. В частности, в конце прошлого года было подписано Соглашение между приехавшей в Россию делегацией Берлино-Бранденбургского аэрокосмического альянса (Berlin-Brandenburg Aerospace Allianz e.V. – ВВАА), ЦАГИ и ЦИАМ о проведении совместных работ по теме «Разработка новых технологий для рационального применения нефтяных газов в тепловых двигателях». Работы предусматривают проведение испытаний жидких топлив из сжиженного нефтяного газа (LOG) для двигателей с использованием демонстратора

поршневого двигателя и камеры сгорания газовой турбины, а также разработку проекта летательного аппарата, работающего на LOG. Работы предполагается выполнять по отдельным соглашениям: для германской стороны – между ВВАА и Правительством земли Бранденбург, для российской стороны – между ЦАГИ, ЦИАМ и Министерством промышленности и торговли РФ с последующим обменом полученными результатами.

В Российской Федерации есть все необходимые технические и технологические возможности для производства АСКТ, а также достаточная сырьевая база. По заявлению представителей «СИБУР Холдинга» в настоящее время производство сжиженных углеводородных газов (СУГ) в России превышает 11 млн. т и удвоится к 2020 г. Экспорт составляет порядка 3 млн т и его рост предполагается также в два раза. Таким образом, с учетом того, что начальный потенциальный спрос на авиагаз находится в пределах 0,5 млн т, производство СУГ и прогноз его увеличения в несколько раз превышают потенциальные объемы потребления авиацией АСКТ. Поэтому использование в авиации АСКТ и даже рост спроса на него не вызовут в нефтегазовой промышленности сложных проблем. В частности, компания ЗАО «СИБУР Холдинг», обладая всеми необходимыми сырьевыми ресурсами и технической экспертизой, готова начать производство АСКТ на имеющихся газоперерабатывающих комплексах в Уральском и Западно-Сибирском регионах в любом необходимом объеме и в кратчайшие сроки.

В ходе обсуждения организаторы круглого стола и его участники пытались понять, почему эту очень ценную для страны инновацию, технически вполне реализуемую (что было подтверждено полетами опытно-промышленного экземпляра Ми-8ТГ) и имеющую более полусотни официальных отзывов самых разнообразных организаций, ведомств

и органов власти, а также мнений широкого круга специалистов, все еще не удается реализовать. Ведь внедрение более дешевой и экологически чистой газотопливной технологии в отечественную авиационную технику позволит снизить себестоимость летного часа, рационально использовать топливно-энергетические ресурсы регионов России, уменьшить потери углеводородов, сжигаемых в факелах, дополнительно решить ряд других важных государственных задач, стоящих перед Российской Федерацией, а главное – активизировать авиаперевозки и возродить малую и региональную авиацию.

Поэтому участники круглого стола приняли решение просить руководителей Государственной Думы ФС РФ:

- обратиться к высшему руководству Государства с предложением поддержать реализацию инновационного проекта по созданию двухтопливного вертолета;
- организовать обсуждение и реализацию на уровне Федерального Собрания РФ необходимых законодательных инициатив в поддержку данного актуального и перспективного инновационного направления – внедрения в отечественной авиации более экологичного и дешевого альтернативного топлива АСКТ;
- обратиться в профильные комитеты Государственной Думы и Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации, а также в Российское газовое общество, Торгово-промышленную палату РФ и другие организации с предложением о проведении специальных совместных слушаний, посвященных обсуждению путей активизации работ, связанных с использованием АСКТ на воздушных судах;
- обратиться в ОАО ОПК «Оборонпром» и в ОАО «Вертолеты России» с предложением представить вертолет Ми-8ТГ на МАКС-2011 на стояночной линейке вместе с заправочным модулем АСКТ, автогазовозом и др.



Выступление начальника отдела ФГУП ГосНИИ ГА С.К. Постоева с докладом «Внедрение вертолетов на АСКТ: состояние и перспективы»

Оценка возможности производства АСКТ из нефтяного и природного газа

Н.С. Бащенко,
зав. группой ОАО «НИПИГазпереработка»,
П.А. Пуртов,
генеральный директор ОАО «НИПИГазпереработка»,
А.Ю. Аджиев,
советник генерального директора,
главный научный сотрудник ОАО «НИПИГазпереработка»

В последнее время заинтересованность в газовом топливе для применения его на вертолетах, а также в региональной и малой авиации возрастает. Это обуславливается наличием большого количества доступного сырья в районах его потребления, а также существенным снижением стоимости данного топлива.

Ключевые слова: газовое топливо, нефтяной газ, АСКТ, авиакеросин, региональная и малая авиация, технология, потребитель.

Evaluation of the possibility of production ASKT of oil and natural gas

N.S. Bashchenko, P.A. Purto, A.Y. Adzhiev

In recent years, interest in the gas fuel for its application in small aircraft increases. This is due to the great amounts of available raw materials in the areas of its consumption, as well as reduction of fuel cost.

Keywords: gas fuel, petroleum gas, ASKT, kerosene, small and regional aircraft, technology, the consumer.

Проблемой использования на вертолетах авиационного сжиженного топлива (АСКТ) в качестве альтернативы традиционному авиакеросину занимаются более 20 лет такие ведущие институты авиастроения, как ЦИАМ и ЦАГИ, Интеравиагаз, а также Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля. С самого начала к этой проблеме было подключено ОАО «НИПИГазпереработка», которое и сейчас является единственным институтом в нефтегазовой отрасли, участвующим в решении этой задачи.

В настоящее время вновь возродился интерес к данному инновационному направлению в развитии авиации, о чем свидетельствуют неоднократно проводимые выставки (HeliRussia 2009, МАКС-2009,

МАКС-2011, HeliRussia 2010, HeliRussia 2011 и т.д.) и конференции, посвященные данному вопросу. И сейчас это направление остается актуальным и перспективным по ряду причин, в числе которых следующие:

- 1) наличие доступного сырья в районах производства и потребления АСКТ;
- 2) простота технологии производства;
- 3) более высокая экологичность АСКТ в сравнении с авиакеросином;
- 4) более высокая, чем у авиакеросина, эффективность по ряду технико-экономических показателей АСКТ;
- 5) снижение с учетом транспортной составляющей стоимости нового топлива в 2–4 раза по сравнению с традиционным керосином и,

соответственно, снижение стоимости летного тарифа, что позволяет увеличить авиаперевозки для населения отдаленных районов;

б) возможность расширения ассортимента высоколиквидной продукции, выпускаемой предприятием-производителем.

Наряду со многими преимуществами АСКТ у него есть один недостаток. Топливо находится под избыточным давлением (не более 0,5 МПа при 45 °С), что приводит к необходимости учитывать определенные особенности и соблюдать меры безопасности при транспортировке, хранении и использовании в полетах. Эти мероприятия хорошо известны и широко применяются при работе с пропан-бутаном и ШФЛУ.

Производство АСКТ может быть организовано:

- на действующих газоперерабатывающих заводах (ГПЗ) по переработке нефтяного и природного газа;
- на комплексных установках подготовки нефтяного, природного газа (УКПГ) и конденсата;
- на установках стабилизации, газодифракционирования и вторичных процессов переработки нефти нефтеперерабатывающих заводов;
- на малогабаритных блочных установках (МГБУ) по подготовке нефтяного газа к транспортировке непосредственно на месторождениях;
- вдоль трасс магистральных продуктопроводов, транспортирующих ШФЛУ, а также в пунктах слива и налива ШФЛУ, транспортируемой железнодорожным или водным путем.

Заинтересованность в производстве АСКТ проявил крупнейший нефтехимический холдинг в России ЗАО «СИБУР Холдинг», который является собственником газоперерабатывающих заводов в Западной Сибири и имеет большой потенциал сырья для получения газового топлива.

По нашему мнению, перспективным местом для начала производства и применения данного топлива является Западная Сибирь, где

сосредоточены крупные авиапредприятия, имеющие в своем составе достаточно большой парк вертолетов, осуществляющих значительное количество авиаперевозок. Здесь также сосредоточено несколько крупных газоперерабатывающих комплексов (ГПК) «СИБУРа», расположение которых по транспортной сетке доставки АСКТ может быть очень выгодно:

- Нижневартковский ГПК в районе г. Нижневартовска;
- Южно-Балыкский ГПК в районе г. Пыть-Яха;
- завод ООО «Няганьгазпереработка» в районе г. Нягани;
- Губкинский ГПК в г. Губкинский;
- Ноябрьский ГПП в г. Ноябрьске.

Объекты получения АСКТ будут находиться в непосредственной близости от объектов потребления, затраты на его транспортировку будут существенно ниже, чем на транспортировку авиакеросина, так как основные предприятия-производители авиакеросина находятся на значительном удалении от мест его потребления.

При этом организация производства АСКТ на КПЗ потребует, как правило, небольшого дооборудования блоком разделения ШФЛУ, который включает ректификационную колонну-депропанатор с обвязкой сопутствующего оборудования. Объем такого дооборудования для отдельного КПЗ варьируется в небольших пределах в зависимости от существующей схемы переработки сырья, набора технологических установок, необходимого объема производства АСКТ и состава имеющегося товарно-сырьевого хозяйства.

Получение АСКТ прекрасно сочетается с одновременной выработкой автомобильных и бытовых сортов пропана или пропан-бутана для снабжения более дешевым топливом наземного транспорта и ЖКХ, способствуя таким образом реализации безотходной технологии.

Не возникнут технологические и технические проблемы и при

организации производства АСКТ на УКПГ и промышленных малогабаритных установках, если такая задача будет поставлена нефтегазодобывающими компаниями.

Организация производства и применение АСКТ могут выглядеть следующим образом: КПЗ дооборудуется блоком получения АСКТ, полученное топливо в основном автотранспортом (а в некоторых случаях возможна и прокладка продуктопроводов) перевозится в хранилище АСКТ, расположенное в районах действующих аэропортов, а затем после приемки партии топлива осуществляется заправка и применение данного топлива в авиации. На всех стадиях производства и применения топлива осуществляется жесткий контроль его качества с применением современных приборов по аналогии с производством сжиженных газов и ШФЛУ.

Данная схема организации производства АСКТ может работать лишь при достаточно развитой транспортной инфраструктуре, системах хранения АСКТ, топливозаправочных станциях в аэропортах и на вертолетных площадках. Развитие наземной инфраструктуры обеспечения сжиженным газовым топливом не требует решения сложных технических проблем, но потребует дооборудования. Входящие в нее средства транспортировки, хранения, заправки, контроля и т.п. давно применяются в нефтегазовой промышленности и выпускаются серийно для работы с автомобильным пропан-бутаном, то есть технологически и технически освоены.

Таким образом, перевод на газовое топливо воздушного и наземного (с учетом выработки автопропана) транспорта в нефте- и газодобывающих регионах позволит сформировать крупного потребителя газового топлива в местах добычи, значительно уменьшить его стоимость, в том числе транспортную составляющую.

Для реализации программы перевода вертолетов, как первого этапа

внедрения газотопливной технологии в авиации, необходимо, по нашему мнению, провести следующие мероприятия:

1. Обновить устаревшие технические условия на АСКТ и разработать комплекс контроля его качества.
2. Разработать технико-экономическую стратегию размещения объектов производства и потребления АСКТ и дооборудования конкретных КПЗ, вертодромов и вертолетных площадок.
3. Завершить испытания и оформить допуск топлива и вертолетов к штатной эксплуатации.
4. Провести работы по реконструкции объектов в соответствии с разработанной стратегией.
5. Организовать дооборудование имеющихся вертолетов для работы на традиционном и газовом топливе.

В рамках этого перечня институт может выполнить следующие работы:

- участие в процедурах допуска авиационного топлива к производству и применению, что потребует многочисленных и разнообразных испытаний, проводимых институтами и испытательными центрами различных ведомств;
- разработку и изготовление опытной установки получения АСКТ для обеспечения всех видов испытаний;
- доработку нормативных документов;
- разработку аналитических методик;
- технико-экономические обоснования и проектирование;
- серийное изготовление, авторский надзор за строительством, монтаж и пуск блоков производства АСКТ.

Успешная реализация применения газового топлива в авиации возможна только при активном участии государственных структур и всех заинтересованных в этом организаций – авиастроительных и авиатранспортных предприятий, нефтегазодобывающих и перерабатывающих компаний.

Поздравляем с юбилеем!

21 июля 2011 г. исполнилось 60 лет доктору технических наук, профессору МГТУ им. Н.Э. Баумана, автору ряда статей, опубликованных в журнале «Транспорт на альтернативном топливе», Леониду Вадимовичу Грехову.

Л.В. Грехов родился 21 июля 1951 г. в г. Павлово Горьковской области. Поступил в МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1968 г. После окончания МВТУ в 1974 г. по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» был оставлен для работы на кафедре ДВС. Работал инженером, научным сотрудником, а с 1982 г. после защиты кандидатской диссертации начал педагогическую деятельность с должности ассистента.



С 1974 по 1982 гг. его интересы лежат в области газодинамики и теплообмена в газовых каналах ДВС. В этот период им разработан метод регистрации кинематики трехмерных нестационарных течений с отрывом пограничного слоя с определением скоростей, траекторий и характеристик турбулентности сложных потоков. Впервые проведены углубленные экспериментальные исследования сложных течений и нестационарного теплообмена в каналах ДВС, а также характеристики турбулентности в цилиндре. Теоретические модели трения и теплообмена турбулентных потоков газа в каналах в рамках методов теории пограничного слоя базировались на идеях локального моделирования академиком С.С. Кутателадзе и А.И. Леонтьева.

В 1982-1984 гг. Л.В. Грехов выполнил ряд работ по теплообмену в коллекторах, полостях охлаждения, по обоснованию источников трудностей создания адиабатного двигателя.

С 1983 г. Леонид Вадимович специализируется в направлении совершенствования топливоподающей аппаратуры дизелей. Им создан программный комплекс «Впрыск», который является общедоступным через сеть Интернет.

В 1994-1999 гг. под руководством Л.В. Грехова реализована концепция питания быстроходного дизеля угольными суспензиями, разработаны система питания дизеля газотопливными эмульсиями, а также способ интенсификации впрыскивания повышением начального давления. В 2003-2004 гг. с участием Л.В. Грехова была создана система питания дизелей диметиловым эфиром. Опытный автомобиль МГТУ прошел испытания на Дмитровском автополигоне НИЦИАМТ, а десять опытных автомобилей находились в постоянной эксплуатации в ГУП Мосавтохолд.

В последние годы Л.В. Греховым создавались ТНВД, электрогидравлические форсунки для отечественных систем подачи с электронным управлением Common Rail.

В 1999 г. Леонид Вадимович защитил докторскую диссертацию. Он имеет 135 печатных работ, является соавтором трех учебников, семи объемных учебных пособий. В 1984-2000 гг. в МГТУ им. Н.Э. Баумана им создана топливная лаборатория, организовано курсовое проектирование по топливным системам.

В 1984-1990 гг. Л.В. Грехов работал заместителем декана факультета энергомашиностроения, с 1995 г. – ученый секретарь Учебно-методической комиссии по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» УМО вузов, член диссертационных советов МГТУ и МАДИ, Почетный деятель науки и техники г. Москвы.

Уважаемый Леонид Вадимович! Поздравляем Вас со знаменательной датой. Вы прошли большой путь от студента до ученого, являетесь признанным авторитетом в своей области. И сейчас продолжаете свою творческую деятельность, прославляя российскую науку и делая своими богатыми знаниями и навыками с молодежью. Благодаря Вам наша наука и промышленность полнятся новыми молодыми кадрами.

Желаем Вам и Вашим близким здоровья, творческого долголетия, удачи, благополучия. Мы ценим Ваш труд и надеемся на долгое плодотворное сотрудничество.

Национальная газомоторная ассоциация

Коллеги по работе

Редакция журнала «Транспорт на альтернативном топливе»

Экология и энергетическая эффективность автотранспортных средств

Е.Н. Шмелев,
президент Ассоциации автомобильных инженеров

Environmental and energy efficiency of vehicles

E.N. Shmelev

1-2 июня 2011 г. в подмосковном Дмитрове состоялась 74-я международная научно-техническая конференция «Экология и энергетическая эффективность автотранспортных средств», организованная Ассоциацией автомобильных инженеров (ААИ) и Государственным научным центром РФ ФГУП «НАМИ».

Конференция проводилась при поддержке следующих организаций и ведомств:

- Министерства промышленности и торговли РФ;
- Министерства транспорта РФ;
- Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии;
- Департамента обеспечения безопасности дорожного движения МВД РФ;
- Объединения автопроизводителей России (ОАР);
- Национальной ассоциации производителей автокомпонентов (НАПАК);

• Издательского дома «ААИ-ПРЕСС». В ее работе приняли участие специалисты отечественных и зарубежных заводов-изготовителей автомобилей и автокомпонентов, научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений, транспортных организаций, представители федеральных органов исполнительной власти Российской Федерации и стран СНГ.

Участники конференции отметили, что вопросы защиты окружающей среды от вредного воздействия АТС (выбросы и внешний шум) и уменьшения

потребления топлива продолжают оставаться в центре внимания правительств, промышленности и в целом мировой общественности. Глобализация требований в этом направлении осуществляется как за счет расширения числа стран, участниц Соглашений 1958 и 1998 гг., так и активного включения в работу специализированных форумов, постоянно действующих совещаний инициатив международных организаций. Несмотря на то, что уровень современных международных требований по выбросу вредных веществ ужесточился на два порядка в сравнении с началом 70-х гг. прошлого века, перспективные нормы, касающиеся выбросов дисперсных частиц, оксидов азота, углеводородов, становятся еще более строгими.

В направлении снижения выбросов парниковых газов (в эквиваленте CO₂) и повышения топливной экономичности транспортных средств известна глобальная инициатива Международной автомобильной федерации (FIA), Международного агентства по энергии (IEA), Международного транспортного форума (ITF) и ООН в рамках Программы по охране окружающей среды (UNEP), направленной на 50%-ное улучшение указанных показателей к 2050 г. (инициатива 50x50). Одной из особенностей этой инициативы в направлении решения глобальной проблемы загрязнения воздуха на современном этапе является установление равной ответственности всех причастных к проблеме сторон – правительств, автомобильной промышленности, пользователей, поставщиков топлива. Формируется концепция: «Автомобиль, дружественный окружающей среде» (EFV), а также само понятие такого автомобиля и перечень технологических направлений для ее реализации. Непосредственно в автомобильной промышленности – это совершенствование силовых установок, использующих традиционные нефтяные топлива, применение альтернативных топлив (компримированного и сжиженного природного газа, этанола, водорода), гибридных силовых установок, электромобилей с различными источниками энергии (топливные элементы, солнечные батареи и т.д.). Транспортные средства с такими технологиями уже выпускаются промышленностью в опытных или серийных исполнениях.

Ужесточаются требования к акустическим характеристикам транспортных средств путем введения новых методик измерения, а также выделения в



Работа первой секции «Двигатели, выбросы вредных веществ, ГСМ»

отдельный объект нормирования шин АТС. В Европейском Союзе, Японии действуют требования по утилизации АТС.

В Российской Федерации проблема экологии транспортных средств, к сожалению, не в числе приоритетов, а отставание от развитых стран, по меньшей мере, не сокращается.

Российские автопроизводители для поставок за рубеж выполняют низкие требования стран ЕврАзЭС и современные требования ЕС. Экологическая политика внутри страны пущена на самотек. При наличии современных технологий в промышленности рынок сбыта экологически более совершенных транспортных средств (ТС) отсутствует. Никто не будет производить для внутреннего рынка автомобили более высокого экологического класса, чем того требует национальное законодательство. Россия хронически отстает в нем, консервируя отсталость выпускаемой промышленностью продукции. Новое приходит с Запада, не давая развиваться инициативе собственного бизнеса.

Очередным свидетельством тому является информация о готовящемся изменении № 2 к техническому регламенту «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», сдвигающем предельные сроки выпуска в обращение и обращения автотранспортных топлив (бензина и дизтоплива) низкого уровня (Евро-2 и Евро-3) на 4-5 лет – до 2014-2016 гг., при том, что техническим регламентом «О безопасности колесных транспортных средств» требования Евро-4 введены с 2010 г. Есть основания полагать, что указанное изменение может серьезно подорвать усилия автопроизводителей по созданию и производству современной автомобильной техники, приведет к снижению ресурса и надежности современных автомобилей, уже находящихся в обращении. Это также подвергает сомнению целесообразность предъявления жестких требований к конструктивным свойствам автомобилей, поскольку не достигается главная цель экологического нормирования – снижение реальных выбросов в эксплуатации.

Вне сферы российского технического законодательства остаются мотоциклетная и внедорожная техника, переоборудуемые в ходе эксплуатации транспортные средства (в первую очередь газобаллонные), проблема выбросов CO₂ и энергоэффективности ТС. В стране крайне слабая



Работа второй секции «Общие вопросы экологии ТС»

испытательная база для независимой от производителя оценки экологических свойств транспортных средств всех категорий. Испытательная база самого производителя имеет тенденцию к развитию, однако механизма, позволяющего ее использование в целях независимой оценки, нет. Не определена ответственность ведомств за автомобильную экологию, что не позволяет управлять требованиями в этой области, решать вопросы развития испытательной базы и т.д. Отсутствуют механизмы мотивации производства и потребления транспортных средств и топлив с высокими экологическими показателями.

Отсутствие долгосрочной экологической политики не позволяет учитывать национальные особенности Российской Федерации, в частности, наличие обширных малозаселенных территорий с экстремальными климатическими условиями и неразвитой дорожной инфраструктурой, введение в которых жестких экологических требований к ТС одновременно с центральными районами РФ неоправданно и нецелесообразно. Другим примером упускаемых возможностей является отсутствие стратегических направлений развития экологических конструкций. Возможным таким направлением для России, обладающей почти третью мировых запасов природного газа, могут стать освоение его в качестве моторного топлива для ТС, всестороннее развитие этого бизнеса, начиная с добычи и кончая переработкой газа в топливо (технологии компримирования и сжижения), развитие производства газозаправочного и автомобильного бортового оборудования для работы на газе, парка газобаллонных автомобилей,

которые значительно чище тех, что работают на жидком топливе.

На конференции были приняты, в частности, следующие решения:

1. Правлению ААИ обратиться в Министерство промышленности и торговли Российской Федерации с инициативой учреждения государственной целевой программы «Повышение экологических свойств и энергоэффективности транспортных средств», предусматривающей разработку мер, стимулирующих соответствующие ведомства, промышленность и пользователей к достижению целей международного экологического нормирования и инициативы «50x50».

2. Просить ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» подготовить предложения для Минпромторга России в отношении участия российской стороны (российских экспертов) в специальных рабочих группах органов КВТ ЕЭК ООН по развитию требований в области экологии транспортных средств.

3. Просить Объединение автопроизводителей России передать на обсуждение общественности предложения по механизму экономического стимулирования производства и применения АТС более высокого экологического класса и соответствующих топлив (бензиновых, дизельных и газовых).

4. Рекомендовать ААИ совместно с ОАР рассмотреть возможность и целесообразность использования сжиженного природного газа в качестве «национальной идеи» в автомобильной экологии.

5. Просить ААИ совместно с ОАР разработать предложения в концепцию развития технических служб для независимой оценки экологических свойств.

Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле

В.А. Лиханов,
профессор, зав. кафедрой ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА», д.т.н.,
Р.Р. Деветьяров,
доцент кафедры ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА», к.т.н.,
А.С. Полевщиков,
инженер ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА»,
М.А. Долгих,
инженер ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА»,
С.А. Верстаков,
инженер ФГОУ ВПО «Вятская ГСХА»

Рассмотрены проблемы токсичности дизельных двигателей и возможность расширения топливной базы современных дизелей. Содержатся результаты исследований, проведенных на двигателе Д-120 (2Ч10,5/12,0), при работе на этаноле с использованием двойной системы топливоподачи. Представлено влияние применения этанола на экологические и эффективные показатели дизельного двигателя при частоте максимального крутящего момента.

Ключевые слова: дизель, этанол, двойная система топливоподачи (ДСТ), эффективные и экологические показатели.

Improving the ecological performances of diesel 2Ч 10,5/12,0 when running on ethanol

V.A. Likhanov, R.R. Devetyarov, A.S. Polevshikov,
M.A. Dolgih, S.A. Verstakov

The article deals with the problems of toxicity of diesel engines and the possibility of expanding fuel base available modern diesels. The article contains the results of research conducted on the engine D-120 (2Ч10,5/12,0) when running on ethanol, using a double system of fuel injection. Presented the influence of using ethanol on the ecological and effective parameters of a diesel engine at a frequency of maximum torque.

Keywords: diesel, ethanol, a double system of fuel injection, effective and ecological parameters.

Проблема экологической безопасности автомобильного транспорта, и в первую очередь двигателей внутреннего сгорания (ДВС), является составной частью экологической безопасности страны. Значимость и острота этой проблемы растут с каждым годом. Необходимо отметить, что с

точки зрения наносимого экологического ущерба автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия: загрязнение воздуха – 95 %, шум – 49,5 %, воздействие на климат – 68 %. Токсичные компоненты отработавших газов (ОГ) двигателей, попадая в атмосферу, наносят непоправимый

ущерб окружающей среде. В связи с этим остро встает вопрос использования альтернативных и, в особенности, возобновляемых, экологически безопасных видов топлива. Из числа известных энергоносителей несомненный интерес представляет топливо из возобновляемых источников и в первую очередь спирты [1, 2].

В соответствии с методикой, целью и задачами исследования [3] был выполнен комплекс работ по изучению влияния применения этанола в качестве моторного топлива для дизеля 2Ч 10,5/12,0 при номинальной частоте вращения $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и при частоте максимального крутящего момента $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$.

При ДСТ (рис. 1) большое влияние на мощностные и токсические показатели дизеля оказывают диаметр и правильная ориентация сопловых отверстий распылителей, диаметр которых выбирается из условия обеспечения требуемой дальности топливного факела. По результатам расчетов на Ногинском заводе топливной аппаратуры была изготовлена опытная партия распылителей с различными диаметрами сопловых отверстий и измененной геометрией углов впрыскивания. Для подачи запальной порции ДТ используются форсунка ФД-22 с оригинальными распылителями и дополнительный топливный насос высокого давления (ТНВД). Штатная форсунка используется для подачи этанола.

Нагрузочные характеристики дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле с ДСТ при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ (рис. 2) показывают, что при увеличении нагрузки растет суммарный часовой расход топлива при работе на этаноле. В то же время расход ДТ остается неизменным, поскольку нагрузочный режим изменяется за счет подачи этанола. Так, на номинальном режиме при $p_e = 0,594 \text{ МПа}$ и работе на ДТ $G_{\text{ДТ}} = 4,26 \text{ кг/ч}$, а при работе на этаноле с ДСТ расход ДТ составляет 0,50 кг/ч (экономия 88,3 %).

Минимальный удельный эффективный расход топлива достигается при $p_e = 0,50 \text{ МПа}$ и составляет $g_e = 256 \text{ г/(кВт·ч)}$ при работе на ДТ. При использовании этанола с ДСТ минимальный суммарный удельный эффективный расход топлива $g_{\Sigma} = 379 \text{ г/(кВт·ч)}$

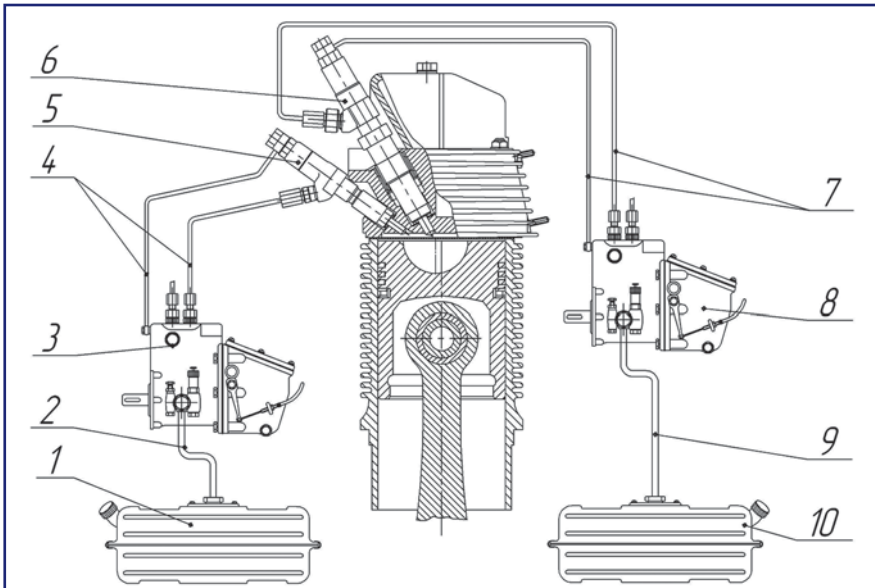


Рис. 1. Схема двойной системы топливоподачи этанола в цилиндры дизеля: 1 и 10 – топливные баки для ДТ и этанола; 2 и 4 – топливопроводы низкого и высокого давления для подачи ДТ; 3 и 8 – ТНВД для подачи ДТ и этанола; 5 и 6 – форсунки для подачи ДТ и этанола в цилиндр; 7 и 9 – топливопроводы высокого и низкого давления для подачи этанола

достигается при $p_e = 0,550$ МПа. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,594$ МПа удельный эффективный расход топлива увеличивается: для опытного дизеля до $g_e = 264$ г/(кВт·ч), а при работе на этаноле $g_{e\varepsilon} = 382$ г/(кВт·ч), что объясняется

меньшей, чем у ДТ, теплотой сгорания этанола.

Эффективный КПД η_e , учитывающий теплотворную способность топлива при работе дизеля на этаноле с ДСТ, несколько отличается от значений

опытного дизеля. На малых нагрузках при работе на этаноле КПД имеет меньшие значения, чем у опытного дизеля, в то время как на больших нагрузках эффективный КПД несколько больше. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,635$ МПа для опытного дизеля $\eta_e = 0,295$, а при работе дизеля на этаноле с ДСТ $\eta_e = 0,320$. Увеличение эффективного КПД обусловлено большей полнотой сгорания топливовоздушной смеси. Температура ОГ при работе дизеля на этаноле уменьшается во всем диапазоне нагрузок, и с увеличением нагрузки это уменьшение становится заметнее. Если при $p_e = 0,115$ МПа $t_r = 200$ °С как при работе на ДТ, так и при работе на этаноле, то при нагрузке $p_e = 0,594$ МПа температура ОГ для дизеля составляет 500 °С, а при работе на этаноле с ДСТ $t_r = 440$ °С.

Изменение содержания основных токсичных компонентов ОГ дизеля представлено на рис. 3. Содержание оксидов азота NO_x в ОГ при работе дизеля на этаноле с ДСТ существенно ниже, чем при работе на ДТ во всем диапазоне изменения нагрузки. Так, при $p_e = 0,115$ МПа содержание оксидов азота в ОГ снижается с 490 ppm при работе на ДТ до 425 ppm при работе на этаноле с ДСТ или на 13,3 %. При $p_e = 0,594$ МПа снижение содержания NO_x в ОГ еще более существенно. Если при работе на ДТ содержание NO_x в ОГ составляет 730 ppm, то при этой же нагрузке, но при работе на этаноле с ДСТ – 600 ppm. При максимальных нагрузках ($p_e = 0,692$ МПа) происходит снижение от 720 ppm при работе дизеля на ДТ до 585 ppm при работе дизеля на этаноле с ДСТ.

Существенно уменьшается в ОГ содержание сажи при работе дизеля на этаноле с ДСТ во всем диапазоне нагрузок. Так, при $p_e = 0,115$ МПа оно снижается с 0,80 ед. (здесь и далее по шкале bosch) при работе дизеля на ДТ до 0,11 ед. при работе на этаноле с ДСТ. При максимальных нагрузках ($p_e = 0,692$ МПа) содержание сажи в ОГ уменьшается от 8,0 ед. при работе на ДТ до 0,5 ед. при работе дизеля на этаноле с ДСТ или в 15,1 раза.

Содержание углеводородов при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки растет, а при работе на этаноле сначала незначительно снижается, а

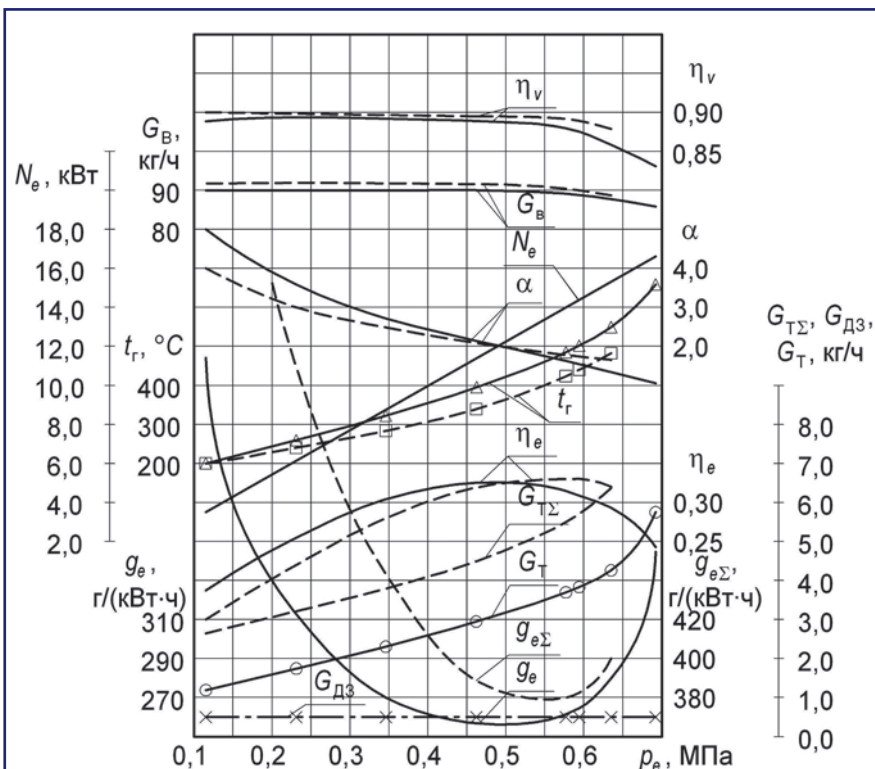
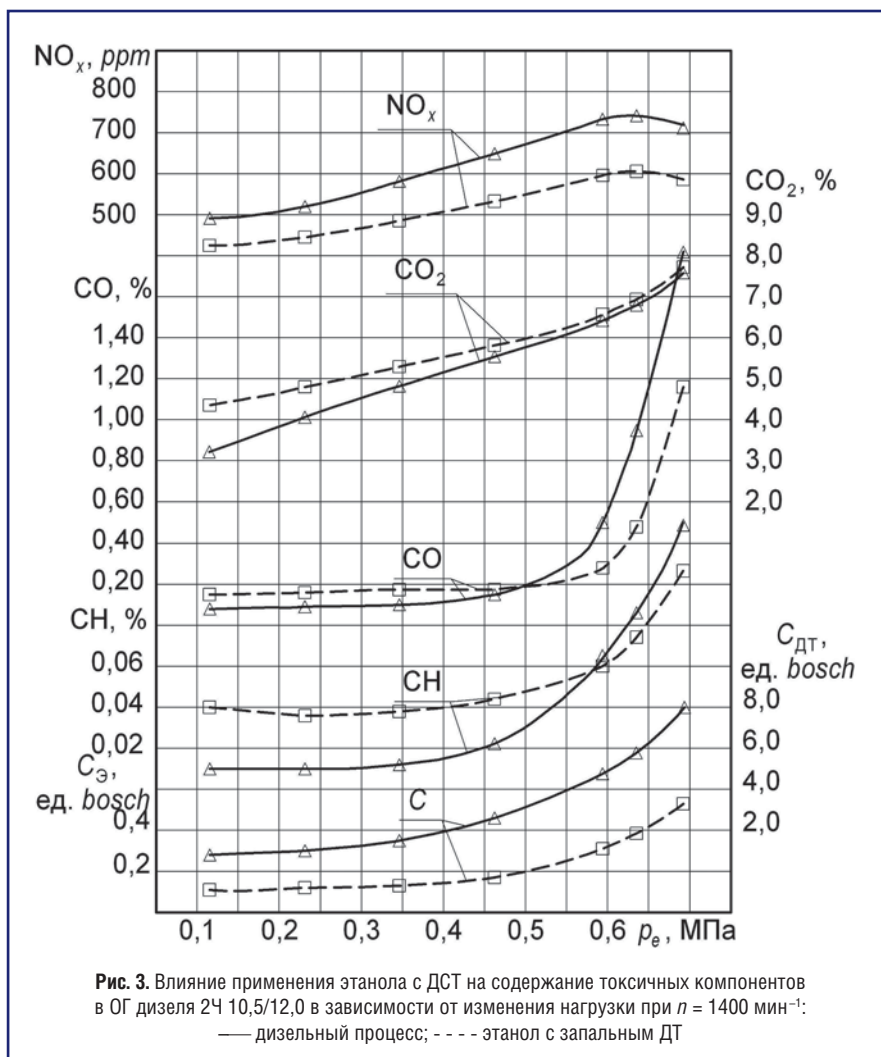


Рис. 2. Влияние применения этанола с ДСТ на мощностные и экономические показатели дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1400$ мин⁻¹, $q_{цдт} = 6,0$ мг/цикл: — дизельный процесс, - - - этанол с запальным ДТ





затем возрастает. При $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ и работе дизеля на этаноле с ДСТ значение СН в ОГ составляет 0,04 %, а при работе на ДТ – 0,01 %. Затем их содержание при работе дизеля на этаноле с ДСТ незначительно снижается до 0,036 % при $p_e = 0,230 \text{ МПа}$. При работе на ДТ и этаноле они сравниваются и составляют 0,057 % при $p_e = 0,580 \text{ МПа}$. Затем величина СН возрастает до 0,106 % при работе на этаноле с $p_e = 0,692 \text{ МПа}$, в то время как при работе дизеля на ДТ она составляет 0,130 %.

Необходимо отметить, что при работе дизеля на этаноле с ДСТ возрастает содержание СО в ОГ на малых и средних нагрузках до $p_e = 0,496 \text{ МПа}$, при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ оно составляет 0,15 %, а при работе на ДТ – 0,08 %. Однако с увеличением нагрузки при работе на этаноле содержание СО в ОГ дизеля снижается, а при $p_e = 0,496 \text{ МПа}$ сравнивается с содержанием СО в ОГ при работе на ДТ и составляет 0,19 %.

При дальнейшем увеличении нагрузки содержание СО в ОГ при работе на этаноле с ДСТ меньше значений содержания СО при работе на ДТ и при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$ и составляет 1,16 против 1,82 % соответственно.

Изменение содержания CO_2 в ОГ дизеля 24 10,5/12,0 при увеличении нагрузки мало зависит от вида топлива и изменяется практически по одной зависимости. Хотя содержание CO_2 при

работе дизеля на этаноле с ДСТ во всем диапазоне выше содержания CO_2 в ОГ при работе дизеля на ДТ и растет от 4,35 % при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ до 7,70 % при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$, в то время как при работе дизеля на ДТ при этих же нагрузках содержание CO_2 в ОГ составляет 3,20 и 7,55 % соответственно.

Результаты проведенных исследований по улучшению эффективных и экологических показателей дизеля 24 10,5/12,0 путем применения этанола в качестве моторного топлива с использованием ДСТ показывают высокую его эффективность для снижения содержания основных токсичных компонентов в ОГ двигателя. В ходе исследований было достигнуто снижение потребления ДТ. При подаче 85 % этанола и 15 % запального ДТ в условиях работы по нагрузочной характеристике возможно получение следующих результатов:

- снижение содержания NO_x в ОГ при работе дизеля на этаноле с ДСТ составляет от 13,3 % при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ до 19,4 % при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$;
- снижение содержания сажи в ОГ при работе дизеля на этаноле с ДСТ составляет от 7,3 раза при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ до 15,1 раза при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$;
- увеличение содержания СО в ОГ при работе дизеля на этаноле с ДСТ при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ на 87,5 %, но при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$ снижение составляет 36,3 %;
- увеличение содержания CO_2 в ОГ при работе дизеля на этаноле с ДСТ составляет от 26,4 % при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ до 2,0 % при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$;
- увеличение содержания СН в ОГ при работе дизеля на этаноле с ДСТ при $p_e = 0,115 \text{ МПа}$ в 4 раза, но при $p_e = 0,692 \text{ МПа}$ снижение составляет 18,5 %.

Литература

1. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития. Сб. ст. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с., ил.
2. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотракторных дизелей. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Колос, 1994. – 224 с.
3. Полевщиков А.С. Методика исследований дизелей при работе на этаноле с использованием двойной системы топливоподачи // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания. Материалы Международной научно-практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение»: Сб. науч. тр. – С.-Петербург – Киров: Российская Академия транспорта – Вятская ГСХА, 2009. – Вып. 6. – С. 150-153.

Перспективы развития транспортных средств с электроприводом

И.К. Александров,

профессор, зав. кафедрой ВоГТУ, д.т.н.,

В.А. Раков,

инженер ВоГТУ,

А.А. Щербакова,

научный сотрудник Института социально-экономического развития территории РАН

Рассматриваются перспективы замены транспортных средств с экологически опасным и энергетически неэффективным двигателем внутреннего сгорания на электромобили, с учетом тенденций развития топливно-энергетического сектора России.

Ключевые слова: транспорт, электроэнергетика, электромобили, гибридные автомобили.

Prospects of development of vehicles with the electric drive

I.K. Alexandrov, V.A. Rakov, A.A. Shcherbakova

Prospects of replacement of vehicles with ecologically dangerous and energetically inefficient internal combustion engine on electromobiles, taking into account tendencies of development of fuel and energy sector of Russia are considered.

Keywords: vehicles, electricity, electromobiles, hybrid cars.

Развитие и состояние промышленного производства в стране достоверно отражают такие интегральные показатели как объемы потребляемой электрической энергии и транспортных потоков, в том числе осуществляемых за счет автомобильного транспорта.

Потребление электроэнергии в России за последние годы характеризуется непрерывным ростом (рис. 1), динамика которого определяется линейной зависимостью с достоверностью аппроксимации 98 %. Если сохранится существующий темп роста, то энергопотребление к 2020 г. вырастет приблизительно на 20 %, что соответствует прогнозу Института проблем естественных монополий [1].

Эта непрерывная тенденция роста энергопотребления, которая характерна не только для РФ, но и для мировой экономики в целом, чревата глобальными негативными последствиями – опасным воздействием на природную среду в виде вредных выбросов, техногенных катастроф и нарушения теплового баланса планеты. Очевидна необходимость в ограничении этой опасной тенденции путем существенного снижения удельных энергетических затрат в промышленном производстве.

В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 г. [2] планируется масштабное снижение удельных энергозатрат в экономике и энергетике (в 2,1-2,3 раза) при существенном увеличении (в 1,4-1,6 раза) числа

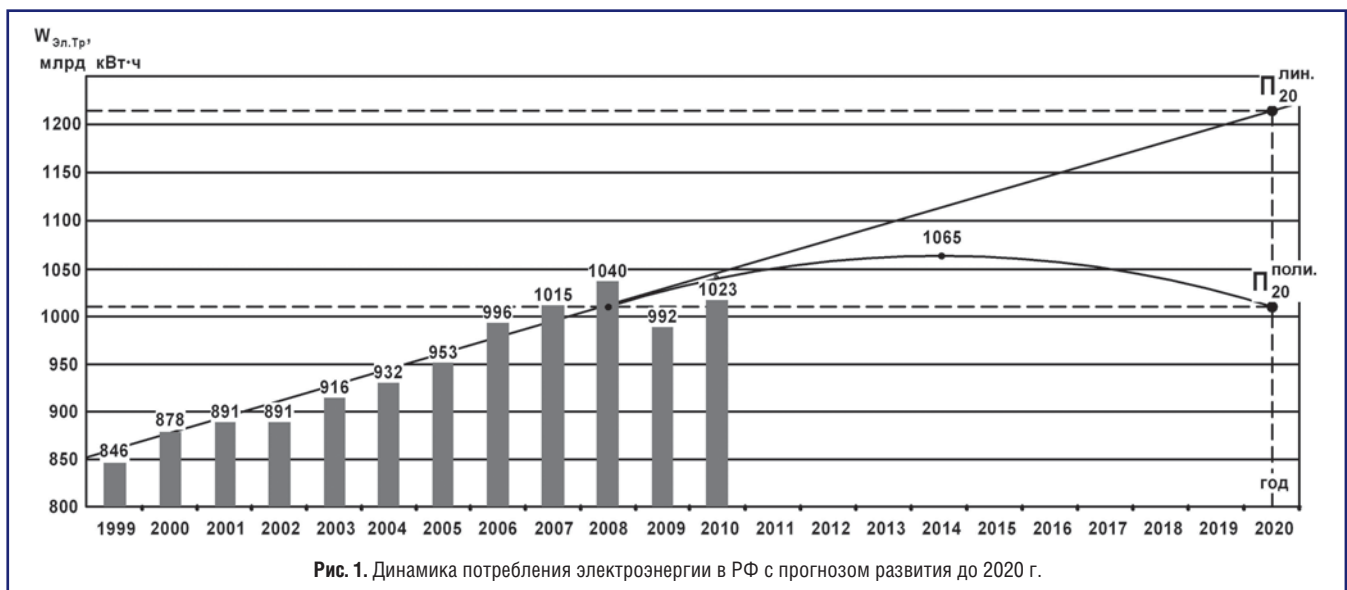


Рис. 1. Динамика потребления электроэнергии в РФ с прогнозом развития до 2020 г.



Рис. 2. Динамика производства дизельного топлива (левый ряд) и бензина (правый ряд) в РФ, млн т

потребителей и роста экспорта электроэнергии (в 1,1-1,2 раза). Согласно принятой стратегии темп роста энергопотребления должен замедлиться, а к 2020 г. даже понизиться до значений 2008 г. Реализация указанной стратегии на фоне реальной потребности в энергетических ресурсах развивающегося производства представляется достаточно сложной задачей.

Одним из существенных факторов, определяющих увеличение потребности производства электрической энергии, является перспектива качественного конструктивного изменения автомобильного транспорта. Как в России, так и в мире в целом наметилась четкая тенденция в направлении отказа от использования в качестве энергетической установки

экологически опасного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и перехода на электрифицированные транспортные средства.

В связи с этим становится насущной проблема развития электроснабжающих объектов и параллельно возникает совершенно новая задача – принципиального расширения электрических сетей транспортной инфраструктуры. В этом отношении интересно отметить международный проект Better Place [3] по развертыванию сети электрических заправок, в котором участвуют Австралия, Канада, Израиль, Дания, Япония, США и другие страны. Корпорация General Motors развивает электрификацию Китая (строительство атомных электростанций), сегодня 11 реакторов введены в

эксплуатацию, около 20 проектируются [4].

С учетом указанных тенденций важным вопросом является оценка возможностей России полностью электрифицировать автомобильный транспорт.

Дополнительный объем электроэнергии, необходимый для перспективного электрифицированного автомобильного транспорта, ориентировочно может быть определен на основе существующего потребления автомобильным транспортом жидкого углеводородного топлива (рис. 2) [5].

При построении диаграмм (рис. 3) использованы известные физические соотношения. Ниже в качестве примера приведем расчет показателей для 2010 г.

Количество произведенной электрической энергии
 $W_{эл.} = 1023 \text{ млрд кВт} \cdot \text{ч} = 3683 \text{ МДж}$.

Количество произведенного бензина (см. рис. 2)

$$Q_6 = 36,0 \cdot 10^9 \text{ кг}.$$

Удельная теплота сгорания бензина [5]

$$H_{U_6} = 41,87 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}.$$

Энергия сгорания произведенного бензина

$$W_6 = Q_6 \times H_{U_6} = 36,0 \cdot 10^9 \times 41,87 \cdot 10^6 = 1507 \cdot 10^9 \text{ МДж}.$$

Количество произведенного дизельного топлива (см. рис. 2)

$$Q_{DT} = 69,9 \cdot 10^9 \text{ кг}.$$

Удельная теплота сгорания дизельного топлива [6]

$$H_{U_{DT}} = 43,5 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}.$$

Энергия сгорания произведенного дизельного топлива

$$W_{DT} = Q_{DT} H_{U_{DT}} = 69,9 \cdot 10^9 \times 43,5 \cdot 10^6 = 3041 \cdot 10^9 \text{ МДж}.$$

Как видим, суммарный объем тепловой энергии, выделяемой при сгорании жидкого углеводородного топлива, существенно превышает объем вырабатываемой электрической энергии, что на



Рис. 3. Динамика потребляемой в РФ электрической энергии (левый ряд), тепловая энергия от сгорания дизельного топлива (средний ряд), тепловая энергия от сгорания бензина (правый ряд), млрд МДж



Рис. 4. Динамика полезной транспортной работы, совершенной бензиновыми ТС, млрд МДж

первый взгляд ставит под сомнение саму проблему полномасштабного перевода в обозримом будущем автомобильного транспорта на электрическую тягу.

Однако следует учесть следующее:

- некоторые особенности сгорания углеводородов в ДВС;
- вероятность эффективного применения альтернативных энергоустановок, развитие которых активизировалось в последнее десятилетие;
- принятую Правительством РФ стратегию развития энергетики.

Эти обстоятельства в определенной степени способствуют решению поставленной задачи совершенствования автомобильного транспорта.

Из диаграмм (см. рис. 2) видно, что дизельного топлива используется практически в два раза больше, чем бензина. Однако определить объем дизельного топлива, используемого только автотранспортом, на основе располагаемых нами статистических данных затруднительно, так как его потребителями являются также железнодорожный транспорт, судоходство, строительные и дорожно-строительные машины, аграрно-промышленный комплекс и др. Для проведения такого

анализа потребуются дополнительные исследования. Поэтому на данном этапе проведем анализ только применительно к транспортным средствам, использующим бензин.

Известно, что основными потребителями бензина являются легковые и грузовые автомобили малой и средней грузоподъемности. Часть топлива, сгорающего в ДВС, реализуется в качестве полезной (транспортной) работы, а значительная часть в виде тепловой энергии бесполезно выбрасывается в атмосферу. Соотношение между тепловой энергией топлива и энергозатратами на транспортный процесс определяется эксплуатационным КПД транспортного средства.

Как показали экспериментальные исследования, проведенные

в ВоГТУ [7], а также исследования других экспериментаторов [8], при движении автомобиля в реальных условиях возможности ДВС реализуются в среднем только на одну треть. Таким образом, если ДВС загружен на 100 % (то есть работает на внешней скоростной характеристике, что может быть осуществлено только на стенде!) и его КПД при этом чуть более 30 %, то при совершении транспортной работы в реальных условиях эксплуатационный КПД ДВС составляет всего 10...12 %. А значит пропорционально возрастает и удельный расход топлива на единицу транспортной работы.

Следовательно, энергетические затраты на совершение полезной транспортной работы (рис. 4) могут быть определены по формуле

$$W_{тр} = 0,1 \cdot W_6.$$

В 2010 г. это составляло

$$W_{тр} = 0,1 \times 1507 \cdot 10^9 = 150,7 \cdot 10^9 \text{ МДж}.$$

Теперь представим, что указанный объем транспортной работы выполняется электрифицированными транспортными средствами, эксплуатационный КПД которых составляет приблизительно 0,65. Тогда затраты электрической энергии, необходимые на привод электрифицированных ТС (рис. 5), будут равны

$$W_{эл\text{-}тр} = W_{тр} / 0,65.$$



Рис. 5. Гипотетические затраты электрической энергии в случае замены ТС с бензиновым двигателем на электромобили, млрд МДж

Из анализа следует, что при электрификации части автомобильного транспорта, использующего бензиновые двигатели, увеличивается нагрузка на энергодобывающие объекты и электрические сети приблизительно на 5 %. Следовательно, массовый перевод ТС с бензиновым двигателем на электрическую тягу вполне достижим в ближайшие годы. И все же этот процесс следует осуществлять поэтапно по мере увеличения объема выработки электроэнергии (в частности, путем использования альтернативных источников энергии) или экономии ее за счет внедрения энергоэффективных технологий в соответствии с Энергетической стратегией РФ.

Необходимо указать, что осуществить перевод на электрическую тягу большегрузных АТС, использующих дизельные двигатели, намного сложнее. При этом возникают две весьма серьезные проблемы.

1. До настоящего времени отсутствуют компактные, достаточно энергоемкие и относительно дешевые накопители электрической энергии, которые обеспечивали бы снижение собственной массы грузового электромобиля.

По нашим расчетам, при совершении одной и той же транспортной работы, необходимой для перевозки заданного количества груза в течение смены, суммарная масса гибридной установки с накопителями электроэнергии существенно (в разы) меньше, чем масса автономного накопителя электроэнергии без ДВС, необходимого для совершения той же самой транспортной работы. Иными словами, создание грузового электромобиля на базе современных накопителей электроэнергии в принципе

нерационально. Образно говоря, такой электромобиль будет перевозить в основном самого себя, что допустимо для легкового автомобиля, но абсолютно неприемлемо для грузового.

2. Наличие указанного выше дефицита электрической мощности существующих энергодобывающих предприятий и электрических сетей.

В результате представленных исследований приходим к выводу о том, что для полной электрификации автотранспорта необходим достаточно длительный переходный этап, в течение которого на транспортных средствах рационально будет применять гибридные энергоустановки, обеспечивающие возможность использования углеводородного топлива. Применение

таких комбинированных энергоустановок на автомобильном транспорте создает возможность планомерного развития системы электроснабжения с окончательным переходом в перспективе на электромобили.

Переходный этап оправдан также и с экологических позиций. Опыт эксплуатации показывает, что уже существующие гибридные ТС обладают гораздо более высокими экологическими показателями, чем обычные ТС с ДВС. Кроме того, при ограниченном суточном пробеге допускается применение гибридных ТС в качестве электромобилей, получающих питание только от внешней электрической сети, что дополнительно снижает потребность в углеводородном топливе.

Литература

1. Прохорова Н. Социально-экономическое развитие 2020: Инновационная утопия / Н. Прохорова // Нефтегазовая вертикаль. – 2008. – № 5. – С. 58-59.
2. Прогноз развития энергетической отрасли страны // Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. – Утв. 13.11.09. – М: Правительство Российской Федерации.
3. Инфраструктура зарядки электромобилей [Электронный ресурс] // Википедия: электронная энциклопедия. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Better_Place
4. Электрификация Китая [Электронный ресурс] // Информационный портал Футурика Инфо. – Режим доступа: <http://futurika.info/history/elektrifikaciya-gibrid-avtomobil>
5. Статистические данные по производству топлива в России [Электронный ресурс] // Официальный сайт Росстата. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi>
6. Автомобильный справочник: пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
7. Александров И.К. Оценка энергетической эффективности ДВС в условиях неустановившегося режима работы / И.К. Александров, О.Л. Белков, В.А. Раков // Вестник машиностроения. – 2008. – № 6. – С. 17-20.
8. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.



ЗАО «ПРОМЭНЕРГОМАШ»



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

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

РЕКЛАМА

Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

В связи с тем, что Международный научно-технический журнал Национальной газомоторной ассоциации «Транспорт на альтернативном топливе» включен в Перечень ВАКА, просьба ко всем авторам строго выполнять следующие требования при подготовке статей к публикации:

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

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

Представленный текстовый материал с иллюстрациями и таблицами должен иметь сквозную нумерацию. Графический материал должен быть выполнен в формате, обеспечивающем ясность всех деталей рисунков. Формулы и символы должны быть четкими и понятными. Все обозначения в формулах необходимо расшифровать. Нумеруются только те формулы, на которые сделаны ссылки в тексте. Обозначения физических величин и единиц измерений необходимо давать в Международной системе единиц (СИ). Обязательно соблюдение действующих ГОСТов. Текст, таблицы и графические рисунки должны быть выполнены в программе Word в формате doc, rtf. Фотографии (не менее 300 dpi, СМУК) – в формате jpg, jpeg, tiff, pdf. Отдельно необходимо представить список подписочных подписей. Не следует форматировать текст самостоятельно.

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

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



Расширение использования автотехники на природном газе

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

В начале 2011 г. Республику Татарстан посетили крупные чиновники различного ранга – заместитель председателя правительства РФ И.И. Сечин в рамках проведения 11-го заседания Российско-Турецкой межправительственной комиссии, министр природных ресурсов и экологии РФ Ю.П. Трутнев, мэр Москвы С.С. Собянин, губернатор Свердловской области А.С. Мишарин, президент Азербайджанской Республики И.Г. Алиев, рабочие делегации из ОАО «Газпром» и ОАО «Росагролизинг».



Экскурсия на Казанском вертолетном заводе, слева – направо: Президент Татарстана Р.Н. Минниханов, Президент Азербайджана И.Г. Алиев, директор по маркетингу и рекламе ОАО «КАМАЗ» А.А. Арутюнян и генеральный директор ООО «РариТЭК» Р.Р. Батыршин

Всем представителям были продемонстрированы образцы газобаллонной автотехники КАМАЗ, возможности ОАО «КАМАЗ» по производству данной продукции для различных отраслей народного хозяйства, рассказано об опыте ее эксплуатации.

Особый интерес И.И. Сечин проявил к проблеме сокращения затрат по завозу жидких моторных топлив на Ямал, Дальний Восток, в Северные и Восточные регионы страны, Республику САХА (Якутия), где имеются большие запасы природного газа, который можно с успехом

использовать в качестве моторного топлива.

Ю.П. Трутнев особо отметил, что экономический и экологический эффекты от перехода на газообразное топливо очень велики. При этом выбросы в атмосферу сокращаются практически в 10 раз по сравнению с таковыми при использовании обычных моторных топлив – бензина и дизельного топлива. По данным Минприроды до 80 % загрязнения воздуха в крупных городах составляют выбросы вредных веществ автотранспортом. Экологический эффект от

эксплуатации техники, работающей на метане, будет заметен, если ее численность составит 6 % от общего числа автотранспортных средств.

Градоначальники крупных городов также проявили повышенный интерес к транспорту, использующему газовое топливо и решающему не только экологическую проблему, но и вопросы благосостояния граждан за счет снижения стоимости проезда на дешевом топливе – метане, а также сокращения затрат в городском бюджете за счет уменьшения или отмены дотаций на перевозки (пассажирские, коммунальные и др.).

Многообещающих результатов стоит ожидать от поручения Председателя Правительства Российской Федерации В.В. Путина от 06.04.2011 г. № ВП-П9-17пр о проработке вопроса обновления парка автобусов с расширением практики использования газомоторного топлива.

Для выполнения Федерального закона № 261-ФЗ от 23.11.09 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...» руководством ряда регионов разработаны программы и воплощены в жизнь.

Сегодня реализуются планы по газификации транспорта Свердловской обл. в рамках деятельности совместной рабочей группы с участием ОАО «КАМАЗ», ОАО «Газпром», перевозчиков г. Екатеринбурга и ООО «РариТЭК».

Правительство Ставропольского края в целях реализации трехлетней краевой программы «Об использовании компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива» взяло на себя обязательство по переводу 6 тыс. ед. автотранспорта на использование КПГ и строительство АГНКС.

Администрация Рязанской обл. с участием Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром», руководителей различных российских, областных и городских структур расширяет использования природного газа в качестве моторного топлива. Это дало свои результаты: за



Совещание в Рязани

последние 10 лет объем реализации природного газа автомобильному транспорту в Рязанской обл. вырос в 10 раз и в 2010 г. превысил 10,9 млн м³. По спросу на КПГ область вышла на 11 место в России. Отмечена необходимость закупки газобаллонных автомобилей заводского изготовления.

Правительство г. Москвы в ходе работ и дальнейших мер по расширению использования компримированного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте разработало и приняло постановление № 553-ПП от 20.06.2010 г. «О ходе работ и дальнейших мерах по расширению использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте в городе Москве».

В Краснодаре с февраля 2010 г. эксплуатируется большая партия газомоторных автобусов НЕФАЗ. В Саратове с октября 2010 г. на благоустройстве города работает 21 газовый самосвал КАМАЗ-65115-30. С марта 2011 г. и в Набережных Челнах на городских дорогах трудятся девять дорожных комбинированных машин ЭД-405Г на базе газобаллонного самосвала КАМАЗ-65115-30.

Следует отметить общую тенденцию – растет число областей и мегаполисов, получивших положительный опыт и экономическую выгоду от эксплуатации газобаллонных автомобилей КАМАЗ и автобусов НЕФАЗ, что является неоспоримым преимуществом и лучшим доказательством



Специалисты изучают газобаллонную технику в РариТЭКе

высокой экономической, экологической и энергетической эффективности серийно выпускаемой автотехники КАМАЗ, работающей на природном газе – метане.

ОАО «Газпром» активно предлагает свои программы по обновлению автомобильных парков как собственных подразделений, так и автохозяйств агропромышленного комплекса РФ и перевозчиков в субъектах РФ. Весомым аргументом здесь служат гарантии по строительству заправок и подаче качественного и дешевого моторного топлива – природного газа.

Одна из новинок КАМАЗа мусоровоз на базе газобаллонного шасси 4308 принял участие в автопробеге «Голубой коридор 2011 – Запад», который прошел по маршруту Прага – Лейпциг – Вольфсбург – Берлин – Грейфсвальд и имел своей целью привлечь внимание к автомобилям, работающим на КПГ.

Участие российского среднетоннажника КАМАЗ-4308 в автопробеге неслучайно. Предприятие уже не первый год ведет разработку перспективных моделей грузовиков, способных работать на метане. Как показал автопробег, опыт компании в производстве газовых двигателей для коммерческих автомобилей ни в чем не уступает европейскому.

Да и перспективы оснащения промышленных отраслей экономики спецтехникой, работающей на газе, в нашей стране столь же актуальны, как и в Евросоюзе. У нас с европейскими партнерами есть немало общих интересов. Российские КАМАЗы по своей газовой комплектации могут уже сегодня на равных конкурировать на автомобильном рынке Европы с ее лучшими брендами.

Благодаря совместным усилиям производителей автомобильной техники, работающей на метане, добытчиков и транспортеров природного газа, руководителей субъектов РФ уже сегодня видны реальные плоды этих усилий в бюджете страны, предприятий и обычных граждан.

КАМАЗ: масштабная презентация газобаллонных автомобилей

24 мая 2011 г. родина КАМАЗов встречала представителей дочерних обществ ОАО «Газпром». Собралось в общей сложности более 30 участников со всей России – директора региональных Автогазов, начальники транспортных отделов и отделов АГНКС, ведущие инженеры, специалисты.



Гости на предприятии «РаритЭК»

Событие имело своей целью ознакомить гостей с газобаллонной автомобильной техникой серийного производства на производственных

площадях ОАО «КАМАЗ» и организацией ее закупок в ООО «РаритЭК». Совместно с ОАО «КАМАЗ» компания «РаритЭК» активно участвует в

развитии газомоторной стратегии и внедрении альтернативных моторных топлив на российском рынке. На производственных площадях ООО «РаритЭК» открыт первый в России специализированный сервисный центр по ремонту и обслуживанию автомобилей КАМАЗ и автобусов НЕФАЗ с газовыми двигателями.

С утра, разместившись в комфортабельном автобусе, гости начали посещение объектов КАМАЗа. Были продемонстрированы: завод «КАМАЗ-Дизель», производство «Камминз-КАМА», главный сборочный конвейер, выставка автотехники КАМАЗ и ходовая демонстрация автотехники на площадке НТЦ «КАМАЗ». После НТЦ «КАМАЗ» гости направились в центр автоспорта «КАМАЗ-Мастер», который является гордостью автогиганта. Стоит напомнить, что КАМАЗ является 10-кратным победителем ралли-рейдов «Дакар». Все эти мероприятия прошли по плану и уложились в первую половину дня.

Вторая половина дня была полностью посвящена вопросам производства, эксплуатации и закупки газобаллонной автомобильной техники ОАО «КАМАЗ». Гости посетили Набережночелнинское предприятие «РаритЭК» – дистрибьютора и стратегического партнера ОАО «КАМАЗ»



Участники презентации газобаллонных автомобилей КАМАЗ



В конференц-зале ОАО «КАМАЗ»

в области производства газомоторной автотехники. Были продемонстрированы участки газового

сервисного центра, подробно на демонстрационном стенде презентована система питания газового ДВС КАМАЗ. На

примере автомобиля КАМАЗ-65115, а также трактора КАМАЗ ХТХ представлена автоматическая централизованная система смазки. Особый интерес газомоторных автомобилей КАМАЗ и автобусов НЕФАЗ. Гостям был наглядно продемонстрирован и мобильный сервисный центр на базе быстровозводимого тентового ангара.

Далее гостей ожидал переезд в дирекцию камского автогиганта, где в конференц-зале вниманию участников были представлены доклады специалистов ОАО «КАМАЗ», ОАО «НЕФАЗ», ОАО «Лизинговая компания «КАМАЗ», ООО «РариТЭК». После чтения докладов был проведен круглый стол, в работе которого принял участие генеральный директор ОАО «ТФК «КАМАЗ» Олег Ершов.

Совещание в Минтрансе Свердловской области

Тема использования компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива для ряда руководителей предприятий и госучреждений Свердловской обл. не в диковинку. К примеру, в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» с 2004 г. успешно эксплуатируются 10 метановых пригородных автобусов НЕФАЗ-5299-11-21 с газовыми двигателями КАМАЗ.

На выставке «Иннопром-2010» в Екатеринбурге губернатор Свердловской обл. А.С. Мишарин проявил интерес к стенду КАМАЗа и ознакомился с новин-

ками модельного ряда газобаллонных автомобилей КАМАЗ. Продолжением развития заинтересованности в газовой продукции КАМАЗа в рамках апрельского визита в Республику Татарстан делегации Свердловской обл. во главе с А.С. Мишариным стало решение создать рабочую группу для выработки позиций по возможным совместным проектам, в которую вошли представители ОАО «КАМАЗ» и Свердловской обл., а также специалисты компании «РариТЭК».

20 мая в рамках созданной рабочей группы состоялось первое совещание представителей ОАО «КАМАЗ» и Министерства транспорта и дорожного хозяйства Свердловской обл. Главным вопросом встречи была реализация «Программы газификации транспорта Свердловской области».

В совещании приняли участие руководители муниципальных предприятий: председатель комитета по транспорту

МО «Город Екатеринбург» А.В. Курлыков, президент Союза автотранспортных предпринимателей Свердловской области Н.М. Герасимов, генеральный директор ЗАО «АМУР» Ю.С. Афанасьев, генеральный директор ОАО «Свердловскавтодор» А.А. Зотов, сотрудник Министерства транспорта и дорожного хозяйства Свердловской области А.А. Чеча. И, конечно же, такое мероприятие в Екатеринбурге не могло пройти без представителей ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», одного из передовых дочерних обществ ОАО «Газпром» в вопросе расширения использования природного газа (метан) в качестве моторного топлива. Возглавлял делегацию газомоторных главный инженер – первый заместитель генерального директора Общества П.М. Сазонов.

Представители КАМАЗа в лице заместителя главного конструктора по нефтегазодобывающему комплексу НТЦ ОАО «КАМАЗ» А.Г. Малюги и генерального директора ООО «РариТЭК», дистрибьютора ОАО «КАМАЗ» по продукции с газовыми двигателями, Р.Р. Батыршина в формате круглого стола выступили с докладом «Автотехника КАМАЗ на природном газе – как инструмент энергосбережения и повышения энергоэффективности» и приняли участие в обсуждении вопросов темы совещания.



Патентные исследования в области создания стационарных хранилищ СПГ для транспортных средств России

Н.Г. Кириллов,

старший научный сотрудник НИО Военного инженерно-технического института, д.т.н.,

А.Н. Лазарев, заместитель начальника по учебной и научной работе Военного инженерно-технического института, к.т.н.

В статье представлены результаты патентных исследований в области создания стационарных хранилищ сжиженного природного газа (СПГ) для заправочных комплексов. Актуальность проведения патентных исследований в этой области связана с отсутствием отечественного опыта в проектировании стационарных хранилищ СПГ. Изучение мирового уровня техники позволит создавать высокоэффективные и дешевые отечественные хранилища СПГ для перевода российского транспорта на альтернативный вид моторного топлива – сжиженный природный газ.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, альтернативные моторные топлива, патентные исследования, заправочные комплексы СПГ, стационарные хранилища СПГ.

Patent researches in the field of creation of stationary storehouses for the liquefied natural gas for vehicles of Russia

N.G. Kirillov, A.N. Lazarev

Results of patent researches in the field of creation of stationary storehouses for the liquefied natural gas for refueling complexes are submitted in the article. The urgency of carrying out of patent researches in this area is connected to absence of domestic experience in designing stationary storehouses for LNG. Studying of a world level of techniques will allow creating highly effective and cheap domestic storehouses for LNG in order to translate the transport of Russia into an alternative kind of motor fuel – the liquefied natural gas.

Keywords: the liquefied natural gas, alternative motor fuel, patent researches, refueling LNG complexes, stationary storehouses for LNG.

Над созданием двигателей, использующих альтернативные источники энергии, сегодня работает большинство мировых производителей

автомобилей. Транспортные секторы Европы, Японии и США, а также России на 90 % зависят от нефти. Поэтому в связи с увеличением

энергопотребления, истощением разведанных запасов нефти и ужесточением экологических требований у развитых стран мира остается только один выход – срочно диверсифицировать свои топливно-энергетические балансы в сторону максимально возможного замещения в транспортном секторе нефтепродуктов другими видами энергоносителей [1].

СПГ – перспективный вид альтернативного моторного топлива

Прекрасно понимая необходимость использования альтернативных видов моторного топлива, правительства США, Европейского Союза, Японии и других стран уже сейчас тратят миллиарды долларов на научные исследования и опытно-конструкторские работы, стремясь как можно скорее разработать промышленные технологии и внедрить их на рынке. Активно принимаются пакеты законодательных и нормативных актов, стимулирующих использование альтернативных топлив. Так, Энергетической Комиссией ООН принята резолюция от 12 декабря 2001 г., предусматривающая перевод к 2020 г. 23 % транспортных средств стран Европы на альтернативные виды газомоторного топлива.

В России в этом направлении также предпринимаются некоторые шаги. В 2004 г. вышло поручение Президента Российской Федерации «О стимулировании широкомасштабного перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо» (№ Пр-1686 ГС от 18 сентября 2004 г.) и поручение первого заместителя Председателя Правительства Российской Федерации «О необходимости развития рынка газомоторного топлива» (ДМ-П9-5169 от 2 ноября 2006 г.). Новым импульсом для развития существующей нормативной базы послужило принятие Федерального закона № 261-ФЗ

от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», ставшего одним из важнейших федеральных законов последних лет.

29 июня 2010 г. Комитет по энергетике Государственной Думы провел парламентские слушания на тему «О проблемах правового регулирования использования газомоторного топлива». Участники парламентских слушаний, представители федеральных органов исполнительной власти, представители органов законодательной и исполнительной власти субъектов Российской Федерации, компаний ТЭК и общественных организаций рассмотрели различные аспекты правового регулирования использования газомоторного топлива. Было отмечено, что в стране не только имеются благоприятные условия для использования альтернативных видов моторного топлива, прежде всего природного газа, но и накоплен опыт использования компримированного и сжиженного метана на автомобильном, железнодорожном, воздушном и речном транспорте, а также в сельскохозяйственной технике.

По оценкам зарубежных и отечественных ученых, наиболее реальным альтернативным вариантом газомоторного топлива является сжиженный природный газ. С учетом того, что запасы природного газа иссякнут на Земле не раньше начала следующего столетия, СПГ смело можно рассматривать в качестве одного из наиболее перспективных видов моторного топлива XXI в. В настоящее время в экономически развитых странах уже сформировалась и интенсивно развивается новая подотрасль топливно-энергетической промышленности, связанная с производством СПГ на мини-заводах. Например, в США и Канаде построено и эксплуатируется

около 1000 установок по производству и хранению СПГ, производительность которых колеблется от 3 до 40 т/ч. Сжиженный в этих установках природный газ используется для газификации населенных пунктов и в качестве моторного топлива для различных видов транспортных средств [2, 3].

Еще в конце прошлого столетия в целях определения основных направлений работ по СПГ, а также в интересах освоения конкурентоспособных энергоносителей и использования высоких двойных технологий ОАО «Газпром» совместно с Минэнерго и Минэкономики России была разработана Концепция освоения сжиженного природного газа в качестве энергоносителя в отраслях хозяйства Российской Федерации. Согласно данной концепции в ближайшем будущем СПГ предполагается использовать в качестве моторного топлива для различных видов транспорта, а также коммунального газоснабжения удаленных населенных пунктов и создания систем резервирования газа.

23 июня 2010 г. Группа ОНЭКСИМ, ЗАО «Яровит Моторс», ООО «Городской автомобиль» и ОАО «Газэнергосеть» подписали соглашение о сотрудничестве в целях расширения использования сжиженного природного газа в качестве моторного топлива в Российской Федерации.

В рамках соглашения стороны планируют совместно взаимодействовать со всеми заинтересованными ведомствами, организациями и предприятиями в области масштабного внедрения газомоторного топлива на транспорте и создания парка газоиспользующей техники.

Проблемы создания инфраструктуры СПГ для транспортных средств России

Для широкого внедрения СПГ как моторного топлива необходимо развивать инфраструктуру, то есть организовывать универсальные заправочные станции, позволяющие заправлять сжиженным природным газом различные виды транспорта в любой точке нашей страны. При решении этих задач особое значение придается созданию надежных и экономически обоснованных низкотемпературных хранилищ СПГ различного объема – от 20 до 10 тыс. м³, расположенных непосредственно у потребителей [4].

Необходимо отметить, что в 70-80-х гг. прошлого века в СССР были проведены достаточно серьезные научно-исследовательские работы по определению перспективности использования СПГ на различных видах транспорта. В настоящее время наметилось явное отставание

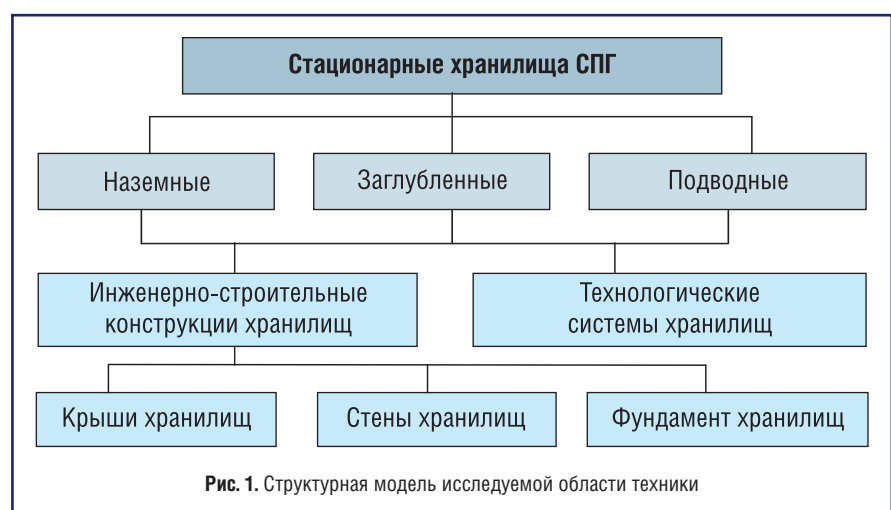


Рис. 1. Структурная модель исследуемой области техники

отечественной науки и промышленности от развитых стран мира в вопросах создания инфраструктуры СПГ. Особенно ярко это проявилось в вопросах создания стационарных систем хранения сжиженного природного газа различного функционального назначения.

Для изучения мирового опыта и достижений в области создания стационарных систем хранения СПГ, а также для определения оптимальных конструктивных решений основных элементов хранилищ и их применения при создании инфраструктуры СПГ в России авторами были проведены патентные исследования документации ведущих стран мира за последние 50 лет.

Патентные исследования в области стационарных хранилищ СПГ

Поскольку предметом патентного поиска являются сложные инженерно-технические сооружения, то для полного понимания конструктивного исполнения хранилищ СПГ, компоновочных схем, материалов, используемых для изготовления отдельных элементов сооружений, на основе анализа специальной научно-технической литературы была разработана структурная модель исследуемой области техники (рис. 1).

В информационное поле для патентных исследований были включены развитые страны мира, а также страны экспортеры/импортеры СПГ. В качестве источников информации были использованы официальный патентный бюллетень России «Изобретения и полезные модели», реферативный журнал «Изобретения стран мира», реферативные журналы ВИНТИ и другие источники патентной информации.

Патентный поиск проводился с 2009 по 2011 гг., в результате которого был выявлен информационный

Таблица 1

Страны-заявители	Заявки	
	число	%
Япония	429	69
США	54	9
Англия	11	1
Германия	28	5
Франция	29	5
Россия (СССР)	23	4
Прочие (Норвегия, Южная Корея, Китай и др.)	46	7
Всего	620	100

массив в 620 заявок на изобретения. Выбор в качестве информационного массива заявок на изобретения определяется тем, что характеристика исследуемой области по дате приоритета (дата подачи заявки в национальное патентное ведомство) с большей точностью отражает действительное развитие данной области техники, чем характеристика на основе даты публикации патента.

Патентный поиск позволил выявить страны, в которых наиболее интенсивно ведутся научно-исследовательские и конструкторские разработки стационарных хранилищ СПГ, определяющие технологический уровень данной области техники, а также соотношения в направлениях этой работы.

В табл. 1 приведены основные страны, обладающие наибольшим

числом заявок в данной области техники.

Лидирующее положение в мире по патентованию изобретений в области стационарных хранилищ СПГ занимает Япония, которая имеет 429 заявок на изобретения или около 70 % от общего числа всех выявленных заявок. Это объясняется тем, что в настоящее время Япония в силу своего островного положения вынуждена импортировать в виде СПГ до 80 % всего покупаемого объема природного газа. Второе место занимают США, имеющие 54 заявки на изобретение (9 %). Повышенный интерес американской промышленности к созданию стационарных хранилищ СПГ связан с поставками природного газа в виде СПГ, доля которого в общем объеме потребляемого природного газа составляет более 25 %.



Рис. 2. Мировая динамика патентования в области стационарных хранилищ СПГ с 1970 по 2010 гг. (на оси ординат указано число заявок)

Результаты патентного поиска показывают, что, кроме вышеуказанных лидирующих стран, активные исследования и работы по созданию стационарных хранилищ СПГ проводятся в Китае, Южной Корее, Норвегии, Австралии и Италии. Несмотря на явное отставание в количестве патентных документов, эти страны тем не менее обладают сильными патентами, относящимися к техническим решениям, определяющим принципиальные направления совершенствования отдельных элементов хранилищ СПГ.

С 1970 г. в России было подано 23 заявки на предполагаемые изобретения в области хранилищ СПГ (без учета заявок на хранилища для других криогенных жидкостей, например, кислорода, азота и т.д.), что составляет около 4 % от всего патентного массива. Однако, в отличие от других стран мира, разработанные отечественные технические решения хранилищ СПГ ранее на практике не применялись из-за отставания производства и использования СПГ.

Одной из оценок статистического анализа является определение динамики патентования, которая отражает в охранных документах изменение активности изобретательской деятельности в исследуемой области техники за определенный период времени.

С 1994 г. (рис. 2) заметно значительное снижение интенсивности патентования изобретений в Японии, что объясняется, с одной стороны, завершением строительства необходимого числа терминалов СПГ в Японии.

В то же время с начала 2000-х гг. резко возрастает активность европейских стран и Китая в патентовании технических решений в области стационарных хранилищ СПГ. Это связано с тем, что в начале нынешнего столетия ввиду роста энергопотребления, а также в целях диверсификации эти страны стали строить новые терминалы СПГ для

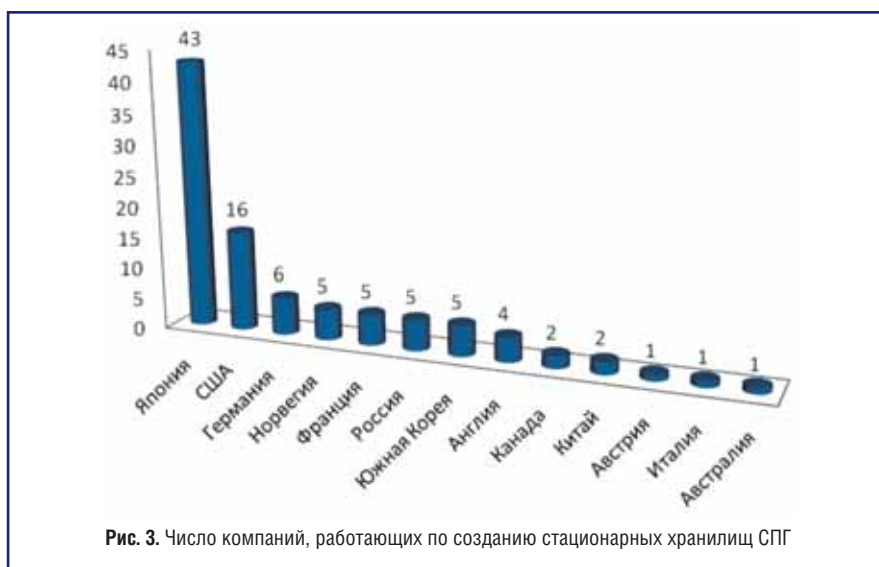


Рис. 3. Число компаний, работающих по созданию стационарных хранилищ СПГ

Таблица 2

Компании	Заявки	
	Число	%
ВИТИ	11	48
ВИКА им. А.Ф. Можайского	5	21
ОАО «РКК «ЭНЕРГИЯ»	2	9
ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ-ПРОГРЕСС»	2	9
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»	2	9
ВНИПИ «ТЕПЛОПРОЕКТ»	1	4
Всего	23	100

Таблица 3

Компании	Число заявок
ISHIKAWAJIMA HARIMA	64
KAWASAKI ДЗЮКОГЕ КК	51
TOKE ГАСУ КК	29
SHIMIZU CONSTRUCTION	23
NIPPON KOKAN КК	22
OSAKA GAS Co Ltd	19
ТАЙСЭЙ КЭНСЭЦУ КК	19
MITSUBISHI ДЗЮКОГЕ КК	15
ISHII ТЕККОСТО	15
MITSUBISHI HEAVY Ltd	15
KAJIMA Corp.	14
OBAYASHI GUMI	14
TOKYO GAS Co Ltd	14
LINDE AG	12
SHELL OIL Company	12
HITACHI ДЗЕСЭН	12
ВИТИ (Россия)	11
KAWASAKI HEAVY Ing	10
PRAXIAIR TECHNOLOGY	9
L'Air Liquide	8
Gas Transport et Technigat	8

увеличения объемов поставок природного газа.

Активизация изобретательской деятельности в России по этому направлению связана в первую очередь с началом этапа «большого СПГ» в деятельности ОАО «Газпром» и строительства первого крупного завода СПГ на о. Сахалин. Планы по строительству заводов СПГ на п-ве Ямал и на Штокмановском месторождении также обуславливают резкий рост научных исследований и разработку новых технических решений по всей инфраструктуре производства и хранения СПГ.

В целом в ходе патентных исследований выявлена и изучена изобретательская деятельность 96 фирм из 13 стран мира, работающих в области разработки и создания хранилищ СПГ (рис. 3).

Для России создание стационарных хранилищ СПГ является относительно новой отраслью и находится на стадии научных исследований. В связи с этим основными разработчиками технических решений и новых технологий являются научно-исследовательские организации и технические вузы (табл. 2). Необходимо отметить, что значительную роль в разработке и создании систем хранения СПГ играют военные вузы: Военный инженерно-технический институт (ВИТИ) и Военно-инженерная академия им. А.Ф. Можайского.

В табл. 3 представлены выявленные при статистической обработке информационного патентного массива фирмы, обладающие наибольшим количеством заявок по данной тематике.

Распределение массива охранных документов по фирмам дает возможность определить их вклад в развитие этой области техники. В основном это японские и американские компании. В данный список попала только одна российская организация – Военный



Рис. 4. Динамика патентования по основным элементам хранилищ СПГ за период с 1970 по 2010 г. (на оси ординат указано число заявок)

инженерно-технический институт (ВИТИ). Необходимо отметить, что в настоящее время этот вуз является основным разработчиком технических решений в области стационарных хранилищ СПГ. В последнее время учеными ВИТИ разработаны, поданы заявки и получены патенты РФ на

11 технических решений в данной области, что составляет более 47 % от всего объема заявок, сделанных в России с 1970 г. (см. табл. 2). Данная цифра красноречиво подтверждает лидерские позиции вуза в области разработок стационарных хранилищ СПГ.

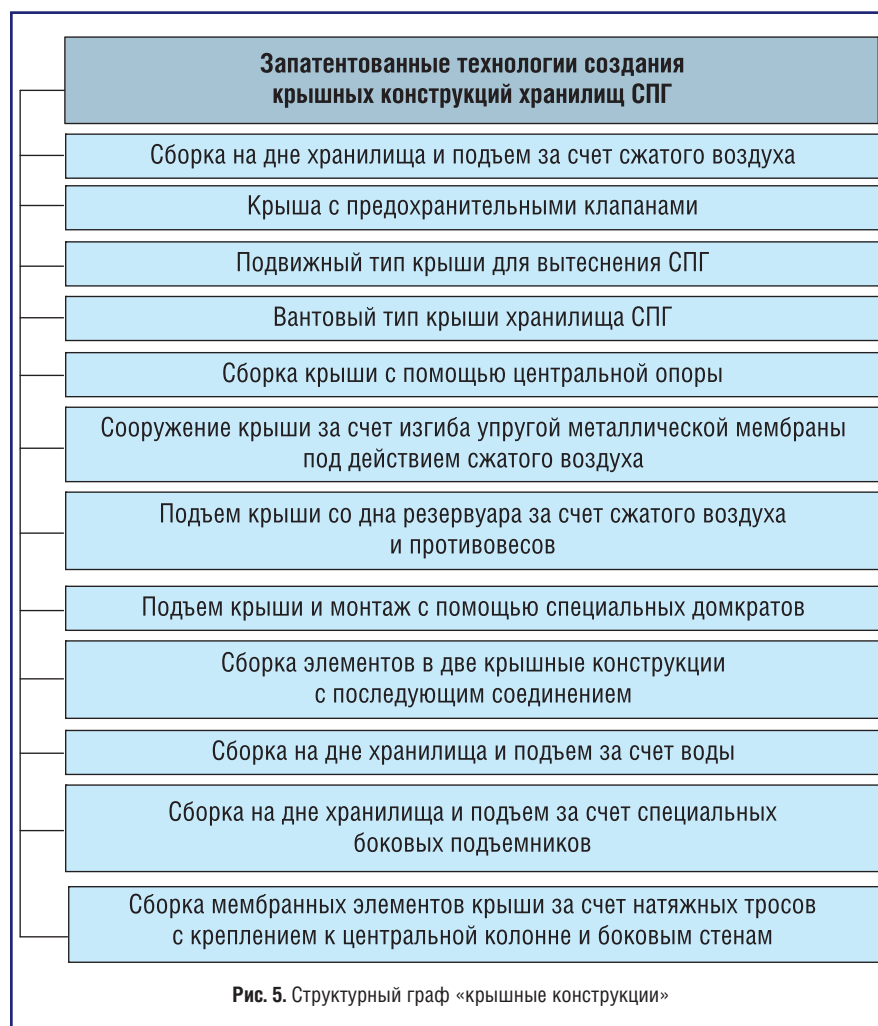


Рис. 5. Структурный граф «крышные конструкции»

Значительный интерес при патентных исследованиях представляет анализ направлений разработок по основным элементам стационарных хранилищ СПГ и, в первую очередь, соотношение между числом технических решений по крышам, стенам, фундаментам и технологическим системам хранилищ (рис. 4).

Для определения основных направлений конструктивного исполнения отдельных элементов стационарных хранилищ СПГ построены структурные графы (рис. 5).

Аналогичные структурные графы построены для всех основных конструктивных элементов хранилищ СПГ: «фундамент», «стенные конструкции», «теплоизоляция строительных конструкций», «технологические системы» и др.

Выбор теплоизоляции при создании стационарных хранилищ СПГ

В нашей стране имелся опыт создания только транспортных резервуаров для СПГ, основанный на существующих криогенных технологиях с применением экранно-вакуумной теплоизоляции (рис. 6).

Практика показала, что резервуары СПГ с экранно-вакуумной теплоизоляцией имеют высокую стоимость и малые объемы, что и стало существенными сдерживающими



Рис. 6. Хранилище СПГ с резервуарами на основе экранно-вакуумной теплоизоляции

факторами в развитии технологий СПГ в России.

Изучение мирового опыта на основе проведенных патентных исследований показало, что применение экранно-вакуумной теплоизоляции для стационарных хранилищ СПГ экономически нецелесообразно. Было выявлено, что из 620 заявок на изобретения по теме стационарные хранилища СПГ экранно-вакуумная теплоизоляция применялась лишь в 19 заявках, а теплоизоляция без применения вакуума – в 601 заявке.

Первый вид теплоизоляции составляет только 3 % от общего числа заявок на предполагаемые изобретения за более чем 40 лет изобретательской деятельности во всем мире по данной теме. В связи с этим можно смело утверждать, что мировой опыт проектирования и создания стационарных хранилищ СПГ показывает неэффективность применения экранно-вакуумной теплоизоляции при строительстве хранилищ СПГ.

Поэтому существующий в России опыт традиционной криогенной науки (производство и хранение жидкого азота, кислорода и водорода) не может обеспечить создание современных и дешевых отечественных стационарных хранилищ СПГ. Проведение патентных исследований в области хранилищ СПГ является необходимым этапом в создании отечественных высокоэффективных стационарных хранилищ СПГ различной вместимости. Патентные исследования показали, что применительно к технологиям СПГ можно сократить время бездренажного хранения продукта за счет внедрения новых теплоизоляционных материалов с одновременным снижением их стоимости. В связи с этим авторами в настоящее время проводятся научно-исследовательские работы, основными

направлениями которых являются следующие:

- разработка технологий создания стационарных защищенных хранилищ СПГ;
- разработка методологических основ расчета строительных конструкций стационарных защищенных хранилищ СПГ (с учетом свойств криогенных жидкостей, прочности несущих конструкций, теплопритоков, времени бездренажного хранения СПГ и т.д.);
- разработка методологических основ расчета последствий воздействия на обслуживающий персонал поражающих факторов при аварийных ситуациях на стационарных хранилищах СПГ;
- экспериментальные исследования различных теплоизолирующих материалов и строительных конструкций для стационарных хранилищ СПГ;
- разработка методологических основ технико-экономического обоснования перспективности создания инфраструктуры стационарных систем хранения СПГ и др.

Литература

1. Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н. Мировой опыт производства и использования сжиженного природного газа как универсального энергоносителя и моторного топлива // Охрана окружающей среды. Атмосфера. – 2011. – № 1. – С. 26-30.
2. Кириллов Н.Г. Новые технологии в применении сжиженного природного газа как моторного топлива и хладагента для авторефрижераторной техники и автотранспортных средств. М.: ИРЦ «Газпром», 2003. – 30 с.
3. Кириллов Н.Г. Сжиженный природный газ как универсальное моторное топливо XXI века: технологии производства и системы долгосрочного хранения. М.: ИРЦ «Газпром», 2002. – 64 с.

Авторы статей в журнале № 4 (22) 2011 г.

Аджиев Али Юсупович,
советник генерального директора, главный научный сотрудник
ОАО «НИПИГазпереработка», р.т. (861) 238-60-60, доб. 45-26

Александров Игорь Константинович,
д.т.н., ГОУ ВПО Вологодский государственный технический
университет, профессор, зав. каф. БЖД и ПЗ, Вологда, 3
Интернационала, д. 5-80, инд. 160000, 8-921-714-91-40,
alex@mh.vstu.edu.ru

Асхабов Андрей Михайлович,
аспирант кафедры «Транспорт» Политехнического института
Сибирского федерального университета, 660074, Россия, г.
Красноярск, ул. Борисова, д. 20, ауд. 106, тел.: 8 923 365-6332,
e-mail: ashabovam@mail.ru

Батыршин Рафаэль Римович,
генеральный директор ООО «ПариТЭК»,
423822, Россия, Татарстан, г. Набережные Челны, а/я 168,
р.т. (8552) 77-89-55, e-mail: info@raritek.ru

Башченко Наталья Сергеевна,
зав. группой ОАО «НИПИГазпереработка»,
р.т. (861) 238-60-60, доб. 53-91, e-mail: NSBaschenko@nipigaz.ru

Блянкинштейн Игорь Михайлович,
к.т.н., доцент кафедры «Транспорт» Политехнического института
Сибирского федерального университета,
660074, Россия, г. Красноярск, ул. Борисова, д. 20, ауд. 106,
тел.: 8 913 529-3647, e-mail: blyankinshtein@mail.ru

Булчуева Зинаида Юрьевна,
к.х.н., ведущий научный сотрудник отделения экологии
транспортных средств НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ»,
м.т.: 8 916 989-13-03, т.т.: 8 495 994-99-22,
e-mail: z.bulycheva@autorc.ru

Верстаков Сергей Александрович,
инженер кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия», 610017, г. Киров, Октябрьский
проспект, 133, м.т. 8 (953) 130-31-00, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Вольнов Юрий Николаевич,
начальник технического отдела, помощник технического
директора ОАО «ГипрониГаз», раб. тел. (8452) 74-95-71,
410000, Саратов, проспект Кирова, 54, ОАО «ГипрониГаз»,
научно-исследовательская часть.

Гнедова Людмила Анатольевна,
старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 355-90-51

Гордеева Роза Петровна,
консультант по проектированию, строительству и эксплуатации
объектов СУГ ОАО «ГипрониГаз», технический директор ООО
«Еврогалс», раб. тел. (8452) 27-10-49, 72-17-40,
410000, Саратов, проспект Кирова, 54, ОАО «ГипрониГаз»,
научно-исследовательская часть

Гриценко Кирилл Александрович,
научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
8 916 681-99-61

Деветьяров Руслан Раифович,
к.т.н., доцент кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133,
м.т. 8 (912) 823-86-08, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Долгих Михаил Александрович,
инженер кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133,
м.т. 8 (912) 713-75-39, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Жернов Леонид Анатольевич,
генеральный директор ООО «Химгазкомплект»,
р.т. 8 (812) 335-49-50

Зайцев Вячеслав Петрович,
генеральный директор ОАО «Интергазгаз», действительный член
Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского,
тел.: 8 (903) 700-61-21

Зонов Антон Васильевич,
инженер кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия», 610017, г. Киров, Октябрьский
проспект, 133,
м.т. 8 (912) 366-12-72, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Каргузов Владимир Иванович,
профессор Омского государственного технического университета,
д.т.н., e-mail: karviv@mail.ru, тел. 8 913 971-3715

Кириллов Николай Геннадьевич,
старший научный сотрудник Военного инженерно-технического
института (ВИТИ), заслуженный изобретатель РФ, д.т.н.,
м.т. 8 911 950-83-26, e-mail: kirillov-ng@mail.ru

Лазарев Александр Николаевич,
доцент Военного инженерно-технического института (ВИТИ), к.т.н.,
тел. (812) 719-87-86

Лапушкин Николай Александрович,
начальник лаборатории ТО АГНКО ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
р.т. (495) 355-90-51, м.т. 8 916 854-40-57

Лиханов Виталий Анатольевич,
д.т.н., академик РАТ, профессор, заведующий кафедрой ДВС ФГОУ
ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133, р.т. 8 (8332) 57-43-07

Мавритский Владимир Иванович,
начальник НИО-10 ФГУП «ЦАГИ», к.т.н.,
тел.: (495) 556-49-49.

Мальцев Петр Сергеевич,
магистрант Омского государственного
технического университета,
тел. 8 960 987-0722, e-mail: petermalts@rambler.ru

Московкин Виктор Владимирович,
д.т.н., профессор, главный научный сотрудник НАМИ,
ведущий научный сотрудник НИИАТ, профессор МГУПИ,
тел. 574-71-48, м.т. 8 910 425-53-08

Недлин Михаил Самуилович,
зам. генерального директора ОАО «ГипрониГаз», к.х.н.,
р.т. (8452) 74-95-55, 26-05-47

Перетряхина Вера Борисовна,
старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
р.т. (495) 355-90-51, м.т. 8 915 118-57-42

Платунов Александр Сергеевич,
аспирант РУДН, тел.: (495) 434-02-12

Полещиков Александр Сергеевич,
инженер кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133, м.т. 8 (906) 829-59-60,
р.т. 8 (8332) 67-54-90, e-mail: eapas@mail.ru

Постоев Сергей Константинович,
начальник отдела ФГУП ГосНИИ ГА, к.т.н.,
тел.: +7 (495) 578-52-53, e-mail: ncad.1240tdel@gmail.com

Пуртов Павел Анатольевич,
генеральный директор ОАО «НИПИГазпереработка»,
р.т. (861) 238-60-60, доб. 52-00

Рakov Вячеслав Александрович,
соискатель ученой степени канд. техн. наук
ГОУ ВПО Вологодский государственный технический университет,
ассистент, инженер,
Вологда, Пучаева, 87а-27, инд. 160024,
м.т. 8 911 502-15-86, e-mail: rakov_slava@mail.ru

Семенов Владимир Григорьевич,
директор ООО «НИИ альтернативных топлив» (Харьков), к.т.н.,
тел.: 8 10 38050 985 15 77

Федотов Игорь Владимирович,
старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
р.т. 355-90-51

Фомин Валерий Михайлович,
профессор Российской Федерации дружбы народов (РФДН),
д.т.н., р.т. (495) 434-02-12, м.т. 8 915 211-44-15

Чупраков Андрей Иванович,
инженер кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия», 610017, г. Киров, Октябрьский
проспект, 133, м.т. 8 (922) 900-32-98, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Шаромов Иван Михайлович,
инженер кафедры ДВС ФГОУ ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133,
м.т. 8 (922) 915-29-07, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Шмелев Евгений Николаевич,
президент Ассоциации автомобильных инженеров, к.т.н.
р.т. (495) 994-99-05, e-mail: auto-eng@mail.ru

Щербakova Анна Александровна,
соискатель ученой степени канд. эконом. наук,
научный сотрудник, инженер Учреждения Российской академии
наук Института социально-экономического развития территорий
РАН, м.т. 8 960 291-88-71,
e-mail: annascherbakova@mail.ru

Янченко Виктор Степанович,
доцент Брянской государственной инженерно-технологической
академии, к.т.н., 241037, Брянск, пр. Станке-Димитрова, 3,
тел.: 8 (4832) 74 05 13, e-mail: vsy50@mail.ru

Contributors to journal issue No. 4 (22) 2011

Adzhiev Aly Y.,
Advisor of JSC «NIPIGASPERERABOTKA» General Director, Chief
Research Scientist, office phone: + 7 (861) 238-60-60 # 45-26

Alexandrov Igor K.,
PhD, Tekhn. Sciences, professor of Technical University (Vologda),
phone: + 7 921-714-91-40, e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Askhabov Andrew,
postgraduate student, «Transport» of the Polytechnic Institute
of Siberian Federal University, 660074, Russia, Krasnoyarsk, ul.
Borisov, 20, aud. 106,
phone: +7 923-365-6332, e-mail: ashabovam@mail.ru

Bashchenko Natalya S.,
Group Head, Process department, JSC «NIPIGASPERERABOTKA»,
office phone: + 7 (861) 238-60-60 # 53-91
e-mail: NSBaschenko@nipigaz.ru

Batyrshyn Rafael R.,
General Director RARITEK, office phone: (8552) 77-89-55,
e-mail: info@raritek.ru

Blyankinshteyn Igor M.,
PhD, Tekhn. Sciences, Associate Professor, «Transport» of Poly-
technic Institute of Siberian Federal University; 660074, Russia,
Krasnoyarsk, ul. Borisov, 20, aud. 106,
phone: +7 913-529-3647, e-mail: blyankinshtein@mail.ru

Bulycheva Zinayda Yu.,
Research centre for automotive testing and Refinement FSUE
NAMI, Dmitrov, Moscow region,
phone: +7 916 989 13 03, office phone: + 7 (495) 994 99 22,
e-mail: z.bulycheva@autorc.ru

Chuprakov Andrey I.,
engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: +7 (922) 900-32-98, р.т. 8 (8332) 67-54-90

Devyatyor Ruslan R.,
the senior lecturer of Vyatka State Agricultural Academy, PhD.
Tekhn. Sciences, phone: + 7 (912) 823-86-08,
office phone: + 7 (8332) 67-54-90

Dolghich Michail A.,
engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: +7 (912) 713-75-39, office phone: + 7 (8332) 67-54-90

Fedotov Igor V.,
Senior Research Associate of the Laboratory of Process Equipment
of AGCFS, office phone: + 7 (495) 355-90-51

Fomin Valery M.,
Dr. Sci. Tech., Professor of Peoples' Friendship University of Russia
(PFUR), office phone: + 7 (495) 369-90-48, m.t.: + 7 915 211-44-15

Gnedova Lyudmila A.,
Senior Research Associate of the Laboratory of Process Equipment
of AGCFS, (495) 355-90-51

Gordeyeva Roza P.,
Consultant on designing, building and operation of LHG facilities,
Giproniigaz Plc, Technical director, Evrogals Ltd.,
office number: (8452) 27-10-49, 72-17-40

Gritsenko Kirill A.,
Research Associate of the Laboratory
of Process Equipment of AGCFS,
8 916 681-99-61

Karagusov Vladimir I.,
professor of Omsk State Technical University, PhD, Engng,
e-mail: karviv@mail.ru, phone: +7 913 971-3715

Kirillov Nikolay G.,
PhD, Engng, the Deserved inventor of the Russian Federation,
academician of ABN, Military Technical Institute,
m. phone: 8-911-950-83-26, e-mail: kirillov-ng@mail.ru

Lapushkin Nikolay A.,
Head of the Laboratory of Process Equipment of AGCFS,
355-90-51, 8 916 854-40-57

Lazarev Alexander N.,
Ph. D. (Eng.), the senior lecturer, academician of MAI, Military
Technical Institute, phone: + 7 (812) 719-87-86

Likhanov Vitaly A.,
head of the chair of Vyatka State Agricultural Academy,
Dr. Sci. Tech., phone: +7 (8332) 57-43-07

Maltsev Petr S.,
Omsk State Technical University, phone: +7 960 987-0722,
e-mail: petermalts@rambler.ru

Mavritskiy Vladimir,
Central Aerohydrodynamic Institute (FUP TSAGI), Ph. D. (Eng.),
phone: + 7 (495) 556-49-49

Moskovkin Viktor V.,
phD, prof., the main research assistant NAMI,
the leading research assistant NIIAT, prof. MGUPI,
phone: + 7 (495) 574-71-48, + 7 910-425-53-08

Nedlin Mikhail S.,
Giproniigaz Plc., Deputy director general, PhD. econom. sciences,
office phone: + 7 (8452) 74-95-55, 26-05-47

Peretryakhina Vera B.,
Senior Research Associate of the Laboratory
of Process Equipment of AGCFS,
phone: + 7 (495) 355-90-51, + 7 915 118-57-42

Platunov Alexander S.,
Post-graduate of Peoples' Friendship University of Russia (PFUR),
phone: + 7 (495) 434-02-12

Polevskichov Alexander S.,
engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: +7 (906) 829-59-60, office phone: + 7 (8332) 67-54-90,
e-mail: eapas@mail.ru

Postoev Sergey K.,
chief of department of FGUP GosNII GA, Ph. D. (Eng.),
phone: +7 (495) 578-52-53,
e-mail: ncad.1240tdel@gmail.com

Purtov Pavel A.,
General Director, JSC «NIPIGASPERERABOTKA»,
office phone: + 7 (861) 238-60-60 # 52-00

Rakov Vyacheslav A.,
engineer of Technical University (Vologda),
phone: +7 911 502-15-86, e-mail: rakov_slava@mail.ru

Semenov Vladimir G.,
Director of Alternative Fuel Scientific Research Institute, Ltd
(Khar'kov), Ph. D. (Eng.), phone: + 38050 985 15 77

Sharomov Ivan M.,
engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: +7 (922) 915-29-07,
office phone: + 7 (8332) 67-54-90

Shcherbakova Anna A.,
Research Associate of the Russian Academy of Sciences,
phone: + 960 291-88-71, e-mail: annascherbakova@mail.ru

Shmelev Eugeny N.,
President of the Association of Automotive Engineers, Ph. D. (Eng.),
office phone: + 7 (495) 994-99-05, e-mail: auto-eng@mail.ru

Verstakov Sergey A.,
engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: +7 (953) 130-31-00, office phone: + 7 (8332) 67-54-90

Volnov Yury N.,
Chief of technical department, Assistant technical director,
Giproniigaz Plc., office number: (8452) 74-95-71

Yanchenko Viktor S.,
Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Bryansk state
engineering-technological academy,
phone: +7 (4832) 74 05 13, e-mail: vsy50@mail.ru

Zajtsev Vyacheslav,
General Director of «Interaviagaz»,
phone: + 7 8 (903) 700-61-21

Zhernov Leonid,
General Director «Himgazkomplekt» Ltd.,
office phone: + 7 (812) 335-49-50

Zonov Anton V.,
engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: + (912) 366-12-72,
office phone: + 7 (8332) 67-54-90