Color profile: Disabled
Composite Default screen

АГЗК + АТ
«АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 7 (100) 2015 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Капустин А. А.
Природный газ – топливо для автомобильных ДВС!? 3

В статье приведен анализ выполнения государственных программ по переводу автомобильных двигателей внутреннего сгорания на моторное топливо – природный газ. Дана оценка причин неудачных попыток начать интенсивную газификацию автомобильного транспорта. Рассмотрена ситуация и даны предложения по выполнению распоряжения Правительства РФ № 767-р от 13 мая 2013 г.

Юданов С.В.
Актуальные вопросы производства альтернативных видов автомобильных топлив 7

В статье рассматриваются проблемы развития производственных мощностей по получению диметилэфира, метилового спирта и других альтернативных экологичных видов автомобильного топлива из биосырья.

Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А., Крохотин Ю.М.
На пути совершенствования газодизельного цикла 10

Рассмотрены топливные системы газодизелей. Предложены конструкции форсунок, повышающие стабильность и увеличивающие давление впрыскивания запальных доз дизельного топлива.

Зенченко В.А., Глотов А.Н.
Режимы обслуживания газовых систем питания с электронным управлением 15

В последнее десятилетие наблюдается интенсивный рост автотранспортных средств, использующих газовое топливо, ежегодное увеличение которых на протяжении последнего десятилетия наблюдается как в отечественной, так и в мировой практике.

Грехов Л.В., Марков В.А., Девянин С.Н., Быковская Л.И.
Исследования процесса топливоподачи дизеля, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла 21

Проведены исследования физико-химических свойств дизельного топлива, рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и их смесей различного состава. Приведены результаты расчетных исследований процесса топливоподачи дизеля типа Д-245.12С малотоннажного грузового автомобиля, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла. Показана необходимость адаптации дизельного двигателя к работе на смесевых биотопливах.

Марков В.А., Девянин С.Н., Спиридонова Л.В.
Перспективы использования биотоплив в дизелях 31

Проведено сравнение эффективности применения различных альтернативных топлив в дизелях. Показаны преимущества использования в дизелях биотоплив, производимых на основе растительных масел.

Патрахальцев Н.Н., Мельник И.С., Корнев Б.А.
Синтетическое дизельное топливо из природного газа 39

В статье приводится обзорная информация по проблемам производства и применения синтетического дизельного топлива, прежде всего из природного газа, ДТ GTL (Gas to Liquid), являющегося на ближайшую перспективу наиболее экологически чистым и одновременно экономически наиболее реальным топливом для высоко экономичных и малотоксичных дизелей.

Комаров И.С.
Дорожные испытания двухтопливного грузового автомобиля Isuzu ELF 7.5 45

Пядушкин А.В.
Iveco – лидер в использовании природного газа 49

Суворов А.С.
8-й Международный автотранспортный фестиваль "Мир автобусов" 51

Учредитель –
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор
В.Ф. Третьяков – академик РАИН, д-р хим. наук, профессор

Зам. главного редактора
А.С. Савченко

Председатель редакционного совета
В.Ф. Корнюшко – д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ

Состав редакционного совета:
д.т.н. **С.П. Горбачев**
(ООО "ВНИИГАЗ", г. Москва)
член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов**
(Респ. Татарстан, г. Казань)
д.т.н. **Н.А. Иващенко**
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
д.т.н. **Н.Г. Кириллов**
(ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)
д.т.н. **Г.К. Лавренченко**
("УА-СИГМА", Украина)
член-корр. НАН **Ю.Н. Литвишков**
(Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван**
(Беларусь, г. Минск)
академик РАЕН **С.В. Мещеряков**
(МИНГП, г. Москва)
д.э.н. **А.В. Николаенко**
(МГТУ МАМИ, г. Москва)
О.Н. Румянцева
ООО "Издательство "Инновационное машиностроение")
д.х.н. **Р.М. Талышинский** (РАН ИНХС, г. Москва)
академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов**
(Респ. Казахстан, г. Алматы)

Редактор:
Л.Н. Косова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
mashpubl@mashin.ru
www.mashin.ru

Подписано в печать 06.07.2015 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 6,86.
Отпечатано в ООО "Белый ветер", 115407, г. Москва, Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогам): "Роспечать" – инд. **84180**; "Пресса России"– инд. **39543**; "Почта России" – инд. **10044**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). **Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–48491**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

© ООО "Издательство "Инновационное машиностроение", "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2015

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:19:50

Color profile: Disabled
Composite Default screen

АГЗК + АТ «AutoGas Filling Complex + Alternative fuel»
AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 7 (100) 2015 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

A magazine is plugged in List of editions of VAK Minobrnauki Russian Federation

CONTENTS

Kapustin A.A.
Natural gas – motor fuel for automobile internal combustion engines!? 3
The article contains the analysis of implementation of state programs on translation of automotive internal combustion engines for motor fuel – natural gas. The estimation of the reasons of unsuccessful attempts to start intensive gasification of the motor transport. Consider the situation and the proposals for execution of the order of RF Government № 767-R dated may 13, 2013.

Yudanov S.V.
Topical issues of the production of alternative motor fuels 7
The article deals with the problems of development of production capacities for production of dimethyl ether, methanol and other eco-friendly alternative transportation fuels from bio-materials.

Grekhov L.V., Ivaschenko N.A., Markov V.A., Krokhotin Yu. M.
On ways to improve the gas-diesel cycle 10
Gas diesel fuel systems are considered. Designs of injectors improving the stability and increasing the pressure of the sparking doses injection are proposed.

Zenchenko V.A., Glotov A.N.
Modes of service of gas supply system with electronic control 15
The past decade has seen rapid growth author totransportnyh means using gas fuel, the annual increase in that over the last decade is observed both in the domestic and in the world.

Grekhov L.V., Markov V.A., Devyanin S.N., Bykovskaja L.I.
Research on Fuel Supply Process of Diesel Engine Running on Diesel Fuel and Rapeseed Oil Methyl Ester Mixtures 21
The investigation of physicochemical properties of diesel fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester and mixtures of their various compositions is carried out. The results of calculated fuel supply process research of vehicle diesel engine (type D-245.12S) of a small tonnage truck running on diesel fuel and rapeseed oil methyl ester mixtures are introduced.The necessity to adapt diesel engines to work on mixed biofuels is emphasized.

Markov V.A., Devyanin S.N., Spiridonova L.V.
Prospects for the use of biofuels in diesel engines 31
Comparative evaluation of efficiency of using various alternative fuels for diesel engines is carried out. Advantages of diesel engines application of biofuels pro-duced on the basis of vegetable oils are shown.

Patrakhaltsev N.N., Melnik I.S., Kornev B.A.
Synthetic diesel fuel of natural gas 39
There presented summary of information, connected with the problems of production and using of synthetic diesel fuel of natural gas (GTL – Gas to Liquid). This fuel now is the more ecologically pure and economically real fuel for diesels with small emission and high efficiency.

Komarov I.S.
Road tests of dual-fuel truck Isuzu ELF 7.5 45

Pyadushkin A.V.
Iveco – a leader in the use of natural gas 49

Suvorov A.S.
8th International Festival of Road Transport "Mir Avtobusov" 51

Founder –
LLC "Publishers Machinostroenie"

Editor-in-chief:
V.F. Tretyakov – academician of RAES,
doctor of chemical sciences, professor

Deputy editor
A.S. Savchenko

Chairman of the editorial board
V.F. Kornyushko – doctor of technical sciences,
honored scientist of the Russian Federation

The editorial board:
doct. of techn. sc. **S.P. Gorbachev**
(LLC "VNIIGAZ", Moscow)
corresponding member of the AS RT **G.S. D'yaconov**
(Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **N.A. Ivashchenko**
(Bauman MSTU, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov**
(LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **G.K. Lavrenchenko**
("UA-SIGMA", Ukraine)
corresponding member of the ANAS **Y.N. Litvishkov**
(Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan**
(Belarus, Minsk)
academician of the RANS **S.V. Meshcheryakov** (MINGP, Moscow)
doct. of econom. sc. **A.V. Nikolaenko** (MSUME, Moscow)
O.N. Rumyantseva
(LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers)
doct. of chem. sc. **R.M. Talyshinsky** (TIPS RAS, Moscow)
Academician of the NAS RK **E.M. Shaikhutdinov**
(Kazakhstan Resp., Almaty)

Editor:
L.N. Kosova

Computer Design
S.A. Zhirkina

Address and phone edition:
107076, Moscow, Kolodezniy per., 2a, str. 2
Tel.: 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
mashpubl@mashin.ru
www.mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office (directory indexes):
"Rospechat" – ind. **84180**, "The Russian Press" – ind, **39543**, "Mail of Russia" – ind. **10044**

The magazine is registered with the Federal agency for Supervision of Communications, Information Technology and Communications (Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–48491**

Reprint is possible only with the reference to the journal "Autogas filling complex + alternative fuel"

© LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers, "Autogas filling complex + alternative fuel", 2015

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:19:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 621.436

ПРИРОДНЫЙ ГАЗ – ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВС!?

А.А. Капустин, д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

В статье приведен анализ выполнения государственных программ по переводу автомобильных двигателей внутреннего сгорания на моторное топливо – природный газ. Дана оценка причин неудачных попыток начать интенсивную газификацию автомобильного транспорта. Рассмотрена ситуация и даны предложения по выполнению распоряжения Правительства РФ № 767-р от 13 мая 2013 г.

Ключевые слова: природный газ, моторное топливо, двигатель внутреннего сгорания, газовый двигатель, газодизель, газобаллонное оборудование, стандарты на природный газ.

NATURAL GAS – MOTOR FUEL FOR AUTOMOBILE INTERNAL COMBUSTION ENGINES!?

Kapustin A.A.

The article contains the analysis of implementation of state programs on translation of automotive internal combustion engines for motor fuel – natural gas. The estimation of the reasons of unsuccessful attempts to start intensive gasification of the motor transport. Consider the situation and the proposals for execution of the order of RF Government № 767-R dated may 13, 2013.

Keywords: natural gas, motor fuel, internal combustion engine, gas engine, diesel engine, gas cylinder equipment, standards for natural gas.

Развитие автомобилизации определяется типом энергетической установки в конструкции автомобиля. Эту тенденцию можно увидеть при анализе заездов на установление рекордов скорости [1]. Первым в 1899 г. скорость 100 км/ч превысил электромобиль. Рубеж 200 км/ч в 1906 г. первым преодолел паровой автомобиль. Длительное время самыми быстрыми оставались автомобили с бензиновыми двигателями внутреннего сгорания. Но применение реактивной тяги позволило в 1970 г. гонщику Г. Габеличу на автомобиле "Синее пламя" первому развить скорость свыше 1000 км/ч и установить абсолютный рекорд 1014 км/ч. Реактивный двигатель этого автомобиля работал на сжиженном природном газе. Можно предположить, что скоро конструкторы двигателей обычных автомобилей освоят технологии создания "Синего пламя" и природный газ станет популярным моторным топливом.

Производители автомобильных двигателей ведут жёсткую конкуренцию на мировом рынке, соблюдая законодательные ограничения по топливной экономичности, массогабаритным показателям, надёжности и требования на ограничение токсичности отработавших газов и шума. В этих условиях, при определении силовой установки автомобиля, главная роль отводится выбору топлива, которое будет наиболее эффективно удовлетворять потребностям общества.

В начале XX века журнал "Автомобилист, № 4 за 1910 г." [2] сообщил читателям: "Имея в виду высокую стоимость бензина и постоянную тенденцию к дальнейшему повышению цен на него, нельзя не приветствовать появление на автомобильном рынке приборов и устройств, преследующих цели экономии бензина, сокращение расхода этого дорогого топлива автомобильных моторов." Прошло сто лет, мировой парк автомобилей превысил 700 млн. Цена на нефть постоянно растёт. За последние 40 лет она увеличилась с 9 до 110 долл. США за баррель. Есть прогнозы роста цены до 200 долл. к 2025 г. Автомобильные ДВС работают на бензиновом и дизельном топливах, которые предлагают стабильные значительные объемы энергии. Однозначного аналога или нового альтернативного вида топлива до сих пор не создано. Учёные объявляют, что человечество через 30 лет исчерпает нефть из недр земли. По какому пути будет развиваться автомобильное двигателестроение в дальней перспективе предугадать невозможно. Но на ближайшие 15–20 лет основные направления уже определены.

Одно из них – использование природного газа в качестве моторного топлива. Известно, что первые

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:19:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

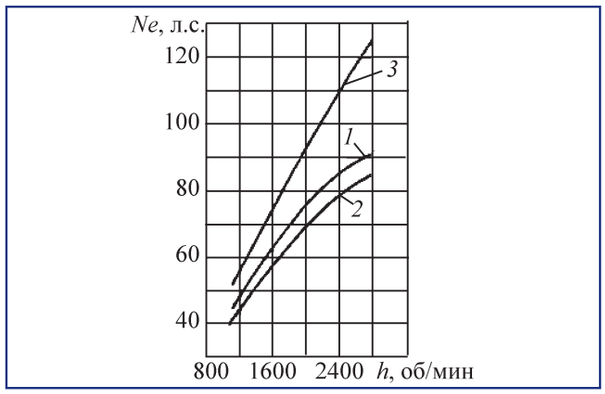


Рис. 1. *Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-120: 1 – бензин, e = 6; 2 – газ, e = 6; 3 – газ, e = 8,5 (верхние клапана, специальный впускной коллектор)*

ДВС работали на газе. Специалисты многих стран давно применяют природный газ в автомобильных двигателях и отмечают его возможности помочь человечеству успешно решить технические, экономические и экологические проблемы на пути автомобилизации. ЕЭК ООН приняла резолюцию, предусматривающую к 2020 г. перевести на природный газ 10 % (24 млн) автомобилей, сенат США одобрил закон о введении налоговых льгот для владельцев автомобилей, работающих на природном газе, государственная программа Японии "Транспорт на чистых энергоносителях" предусматривает увеличение числа автомобилей на природном газе до 1 млн ед.

Газификация автомобилей в России

Ведущая в мире по добыче и запасам природного газа, наша страна одной из первых начала промышленное использование природного газа в автомобильных ДВС. В тезисах автотракторной топливной конференции 1930 г. [3] можно прочитать: "Природные газы, богатыми месторождениями которых изобилует наша страна, также могут занять по праву одно из первых мест среди горючего для автотранспорта". В 1939 г. ЗИС и ГАЗ освоили производство газобаллонных автомобилей (ГБА), а в 1949 г. выпустили усовершенствованные ГБА ЗИС-156 и ГАЗ-51Б. К 1960 г. построили 30 мощных автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) для заправки 40 тыс. автомобилей.

Эксплуатационники отметили достоинства природного газа: увеличение ресурса двигателя, отсутствие детонации (октановое число газа – 110), снижение расхода масла в 1,5 раза, отсутствие нагара и сажи в цилиндрах и уменьшение вредных веществ в отработавших газах. К недостаткам отнесли: падение мощности двигателя до 15 %, увеличение времени разгона автомобиля на 30 %, уменьшение максимальной скорости на 5–6 % и угла преодолеваемого подъема на 30–40 % Газовые баллоны снижали грузоподъёмность. Повышались расходы на обслуживание и ремонт автомобиля.

В 1983 г. было намечено к 2000 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 1 млн и построить 1012 АГНКС. Для снижения холостых пробегов предполагалось выпустить 2000 передвижных автомобильных газозаправщиков (ПАГЗ). Было освоено производство газобаллонного оборудования (ГБО). С конвейеров заводов сходили дооборудованные двухтопливные бензогазовые и газодизельные автобусы, грузовые и легковые автомобили. В автомастерских транспортных предприятий самостоятельно комплектовали автомобили ГБО. Число автомобилей, работающих на природном газе, выросло до 100 тыс. В последние два десятилетия достигнутые результаты в практике широкого использования природного газа в автомобильных ДВС утрачены. Представляет интерес критически оценить пройденный путь газификации российского автотранспорта и найти решения по устранению имевших место ошибок.

Первая логическая ошибка

С самого начала Правительство приняло объективную для нашей огромной развивающейся страны концепцию, поддержанную учёными и специалистами, переоборудовать на компримированный природный газ (КПГ) спроектированные и выпускаемые с конвейеров бензиновые и дизельные автомобили. Но двигатели, созданные для низкооктанового бензина А-72, при установке газового оборудования для работы на природном газе ухудшали эксплуатационные свойства автомобилей. Ситуацию можно было улучшить. Небольшое форсирование двигателя по степени сжатия и коэффициенту наполнения позволяло повысить мощность двигателя ЗИЛ-120 на 36 % (рис. 1) [4]. Но в случае полной выработки газа такой двигатель мог работать только на высокооктановом дорогом бензине АИ-93, который автопредприятиям строго лимитировался.

В газификации автотранспорта наметился опережающий рост числа газобаллонных автомобилей при замедлении развития строительства АГНКС. Водителям приходилось ездить на заправку газом за 30–40 км. Снижение объёмов перевозок грузов и пассажиров, холостые пробеги и потери рабочего времени вызвали у водителей негативное отношение к использованию природного газа. Началось сокращение количества ГБА. На автопредприятиях перестали создавать участки и цеха для хранения, обслуживания и ремонта ГБА. Не придало активности в использовании природного газа на автотранспорте и Постановление Правительства РФ от 15 января 1993 г. № 31, по которому стоимость 1 м^3 природного газа для автомобилей не должна превышать 50 % стоимости бензина А-76.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 ˚. 13:19:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Поменялись планы автомобильной промышленности. К 1990 г. заводам надо было освоить 60 % объёмов выпуска дизельных легковых и грузовых автомобилей и автобусов. К выполнению программы переоборудования бензиновых автомобилей на природный газ прибавилась программа переоборудования на природный газ дизельных автомобилей. В 1986 г. в г. Набережные Челны начался выпуск газодизельных КамАЗов. В конструкции системы управления двигателем специалисты приняли неверное техническое решение. Они использовали для газодизеля способ качественного регулирования при внешнем смесеобразовании. На дизель установили газовую аппаратуру от карбюраторного бензинового двигателя ЗИЛ-138, удалив дроссельную заслонку. Поступление воздуха не ограничивалось. Главный регулятор подачи газа – двухступенчатый редуктор не выполнял своих функций по созданию газовоздушной смеси требуемого состава, так как не получал сигнала о разрежении во впускном коллекторе в соответствии с режимом работы двигателя. На малых и средних нагрузках газовоздушная смесь обеднялась до 1,8–2,2. Газ переставал гореть. Компенсировать недостаток топлива в цилиндрах можно было только увеличением дозы дизельного топлива до 60 %. На практике водители снимали ограничители подачи дизельного топлива на ТНВД и газодизель работал бесконтрольно на двух топливах. Газодизель мог развивать мощность до 260 л.с. против 196 л.с. в дизельном режиме, что снижало надежность газовой топливной аппаратуры и узлов двигателя. Выпущенные небольшим количеством газодизельные КамАЗы не получили одобрения у автомобилистов и их производство прекратилось.

Вторая логическая ошибка

В начале XXI века российское двигателестроение и автомобильная промышленность переживали перезагрузку, при которой закрывались производства "устаревшей" отечественной автомобильной техники, а запускались сборочные заводы иностранных фирм.

У отечественных специалистов не остались без внимания успешные зарубежные программы газификации автотранспорта. Для неподготовленной инфраструктуры, за границей покупались газовые ДВС и газобаллонные автомобили, работающие на одном природном газе. Из-за отсутствия АГНКС, несмотря на их высокий технический уровень, эксплуатация оказывалась малоэффективной. Исправить этот недостаток при полной выработке газа можно было добавив в конструкцию резервную бензиновую систему питания для доезда до АГНКС. То есть в наших условиях следовало вернуться к старой концепции двухтопливных газобензиновых двигателей, созданных по новейшим технологиям двигателестроения.

Но этого не произошло. Уже несколько лет действует новая концепция создание "чисто газовых" двигателей на базе ранее спроектированных дизелей КамАЗ, ММЗ и др. Внося небольшие переделки, организуют работу по циклу Отто с внешним смесеобразованием и зажиганием от электрической искры. Но эффективная, надежная и долговременная работа автомобильного двигателя возможна только на топливе, для которого сделан тепловой расчёт, организован рабочий процесс, спроектирована кинематика и динамика механизмов, подобраны конструкционные материалы деталей и многое другое. В результате увеличиваются затраты на обслуживание и ремонт двигателя, ухудшаются эксплуатационные свойства автомобиля. При этом сохраняется недостаток АГНКС.

Наиболее верный путь – вернуться к газодизелю. Опыт создания работоспособных газодизелей с надежной системой управления, основанной на принципе количественного регулирования был. Рабочий процесс требовал запальную дозу 3...5 % номинальной подачи дизельного топлива. Мощность газодизеля сохранялась на уровне используемого дизеля. Такое решение подтверждают межведомственные испытания автобусов Икарус с двигателем "Раба-МАН" и газодизеля КамАЗ 7409 на автополигоне НАМИ [6].

Природный газ, какой марки?

В начале проектирования газового ДВС, следует определиться, какой природный газ и с какими параметрами будет заправляться в газовые баллоны автомобиля. Строгая регламентация природного газа, улучшает рабочий процесс и показатели двигателя. Но природный газ с разных месторождений отличается по низшей теплоте сгорания в диапазоне от 33294 до 47007 кДж/м^3, содержанию метана от 69,1 до 99,6 % и диапазоном октанового числа от 100 до 110 единиц [5]. Газы могут содержать большое количество сероводорода, смол, пыли, кислорода, цианистых соединений и других примесей, которые сокращают срок службы ДВС. Это доказывает необходимость химической и механической подготовки природного на АГНКС.

При конструировании газового двигателя обязательно учитывают стандарт на автомобильное газовое топливо, который совершенствуется на перспективы развития двигателестроения. В 1954 г. по ГОСТ 6367–53 "Газы сжатые для газобаллонных автомобилей" отпускались три марки газа: "природный", содержащий (по объёму) 70...98 % метана, 1...10 % этана и другие примеси, "коксовый метанизированный", имеющий метана не менее 65 % и "коксовый обогащеный" в составе которого не менее 50 % метана и не более 12 % водорода. Эти газы успешно использовались в двигателях, созданных для низкооктановых бензинов А-56 и А-66. По ТУ 51-166–83 "Газ горючий природный сжатый. Топливо для газобаллонных автомобилей" на АГНКС предлагали две марки КПГ: "А" и "Б". Они отличались плотностью и теплосодержанием из-за разного объемного состава метана и азота. Оценивались элементарный состав, октановое число, теплота сгорания, воспламеняемость, содержанию влаги и степень очистки от загрязняющих примесей.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:19:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Сегодня на АГНКС продают по ГОСТ 27577–2000 "Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания", пришедший с места добычи из скважины по газопроводу. После компримирования и очистки от примесей его закачивают в газовые баллоны автомобиля. Технология не предусматривает изменения компонентного состава газа. Это позволяет из-за отсутствия в технологии этапа переработки сырья с месторождения, устанавливать низкую цену на природный газ для потребителей.

На европейском рынке, в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 49, природный газ, как топливо для автомобильных ДВС, имеется в двух ассортиментах: 1. Ассортимент "H", в котором крайними эталонными топливами являются "G" и "G23" и 2. Ассортимент "L", в котором крайними эталонными топливами являются "G23" и "G25".

С 2002 г. в России внедряются Технические регламенты (ТР), содержащие законодательные документы соответствующие требованиям международных стандартов для сертификации автомобильной техники, Постановлением Правительства РФ от 12 октября 2005 г. № 609 был утвержден ТР "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ". В нем рассматривается автомобильная техника с искровыми двигателями, работающими на бензине и газовом топливе, дизели – с воспламенением от сжатия и газовые двигатели – на сжиженном нефтяном или природном газе. Первая публикация ТР имела в приложении № 3, технические требования к характеристикам бензина и дизельного топлива. Внимания природному газу составители не уделили. А с 1 января 2010 г. приложение № 3 исключили из ТР полностью.

Поэтому российские стандарты для использования природного газа в качестве моторного топлива не соответствуют международным документам. Но без стабильного состава топлива и учёта его расхода не решить вопросы образования газовоздушной смеси, наполнения цилиндров и оптимизации процесс горения. Можно отметить, что счётчиков расхода природного газа (в нм^3) для автомобильных двигателей не разработано.

Перспектива – 2020 г.

В 2013 г. в России эксплуатировалось на природном газе около 80 тыс. автомобилей (около 0,2 % автомобильного парка), и работали 212 АГНКС. По государственной программе газификации необходимо к 2020 г. увеличить число АГНКС до 1100 ед. и перевести на природный газ более 1 млн автомобилей. Но в работе автомобильного транспорта сложилась новая ситуация. До 90 % подвижного состава находится в частной собственности. Выбор автомобиля по виду используемого топлива определяет владелец для конкретного заказа на перевозки с учётом ситуации на энергетическом рынке. Важным фактором становятся действия правительства страны в заботе об эффективном расходовании энергетического потенциала и снижении вредного воздействия автомобиля на окружающую среду.

Для реализации плана газификации автомобильного транспорта Правительство РФ выпустило распоряжение от 13 мая 2013 г. за № 767-р "О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива, в том числе природного газа". Распоряжение вызвало интерес. На научно-практических форумах, конференциях и презентациях новых газовых автомобилей участники сообщают об успехах и разработанных перспективных проектах. Большинство отмечают, что в России есть благоприятные условия сделать природный газ моторным топливом для автомобильных ДВС. Накоплен опыт эксплуатации автомобильного транспорта на компримированном природном газе (КПГ) и сжиженном природном газе (СПГ). С этим необходимо согласиться.

Цель представления данного, привлечь внимание специалистов к необходимости корректировать отечественную программу газификации автомобильного транспорта и уточнения концепции для ее выполнения с учетом наших российских условий. Алгоритм решения проблемы должен иметь две ветви. Первая – для автомобильной промышленности: организация производства газобензиновых и газодизельных двигателей, выпуск с конвейеров заводов газовых автомобилей и автобусов с установленным ГБО, реконструкция инфраструктуры для эксплуатации газовых автомобилей, подготовка кадров вторая – для "Газпрома"; гармонизировать российские правовые акты и стандарты с международными документами по использованию природного газа в качестве моторного топлива, провести трубопроводы к автомобильным заправкам и встроить в них АГНКС. Внедрение всех элементов предлагаемого алгоритма газификации российского автомобильного транспорта позволит активизировать выполнение распоряжения Правительства РФ от 13 мая 2013 г. за № 767-р.

И последнее. *Автомобильная промышленность и автомобильный транспорт являются стратегически важными отраслями. Их развитие делает страну экономически сильной.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бекман В.В.** Гоночные автомобили // Машиностроение. Ленингр. Отд-ние. 1980. 320 с.

2. **Прибор** для экономии бензина // Автомобилист. 1910. № 4. С. 39.

3. **Сжатый газ** как топливо в автотранспорте // Мотор. 1930. № 5. С. 3.

4. **Двигатели** внутреннего сгорания // А.С. Орлин, Д.Н. Вырубов, Г.Г. Калиш и др. / Под ред. А.С. Орлина. М.: Машиностроение, Т. 1. 1957. 396 с.

5. **Генкин К.И.** Газовые двигатели. М.: Машиностроение, 1977. 193 с.

6. **Капустин А.А.** Газодизель. Изд-во СПбГИСЭ, 2000. 144 с.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:19:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 662.6/.7

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОИЗВОДСТВА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОПЛИВ

С.В. Юданов, канд. техн. наук, МАДИ

В статье рассматриваются проблемы развития производственных мощностей по получению диметилэфира, метилового спирта и других альтернативных экологичных видов автомобильного топлива из биосырья.

Ключевые слова: автомобильные топлива, экологичность, биосырье, спрос, предложение.

TOPICAL ISSUES OF THE PRODUCTION OF ALTERNATIVE MOTOR FUELS

Yudanov S.V.

The article deals with the problems of development of production capacities for production of dimethyl ether, methanol and other eco-friendly alternative transportation fuels from bio-materials.

Keywords: motor fuel, ecology, bio-materials, demand, supply.

Данная статья основана на материалах работ специалистов компании Volvo Trucks (г. Гетеборг, Швеция), направленных на определение лучшего, по стоимости и экологичности, автомобильного топлива на среднесрочную перспективу. Многолетние исследования и расчеты проводились для возможно более полного цикла производства и использования топлив, начиная с добычи исходного сырья и заканчивая использованием топлива в транспортных средствах с учетом достижимой ими экономичности, включая при этом все возможные для подсчета затраты и выделение CO_2, например, стоимость траспортировки топлива и оборудования для этого, капиталовложения в постройку или переоборудование существующих заводов и заправок, ожидаемую стоимость транспортных средств и пр. Расчеты основывались, кроме прочих источников информации, на данных, получаемых при непосредственной разработке собственных конструкций грузовиков – за последние годы специалистами "Вольво" созданы, с разной степенью проработки (начиная от единичных образцов и кончая комплексными полевыми испытаниями), не менее 7 типов грузовиков, работающих на 7 различных "экологичных" топливах или их смесях.

Список перспективных топлив с годами расширяется, технологии их производства продолжают совершенствоваться. В частности, получило интересное развитие производство диметилэфира (ДМЭ), когда была подтверждена высокая энергетическая эффективность и экологичность процесса газификации биосырья и легкость дальнейшего получения из синетического газа ДМЭ или метилового спирта. Также было установлено, что производство ДМЭ очень удобно размещать на целлюлозно-бумажных предприятиях, используя как биосырье побочный продукт производства целлюлозы – черный щелок, образующийся там в значительных количествах. Высокая эффективность землепользования при таком получении ДМЭ в сравнении с другими моторными топливами, также полученными из неископаемого сырья, количественно отображена на рис. 1. Сравнительные оценки большинства известных топлив, включая традиционные ископаемые, с точки зрения полной энергоемкости циклов их получения и использования на грузовом автотранспорте и сопутствующих суммарных выбросов CO_2, показали значительные преимущества ДМЭ из черного щелока, что проиллюстрировано рис. 2.

Таким образом, было определено, что это топливо теоретически имеет самый высокий потенциал среди рассмотренных альтернатив, выбор которых осуществлялся по принципу реальности коммерческого использования топлива на грузовом автотранспорте в среднесрочной перспективе. Та-

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:19:56

Color profile: Disabled
Composite Default screen

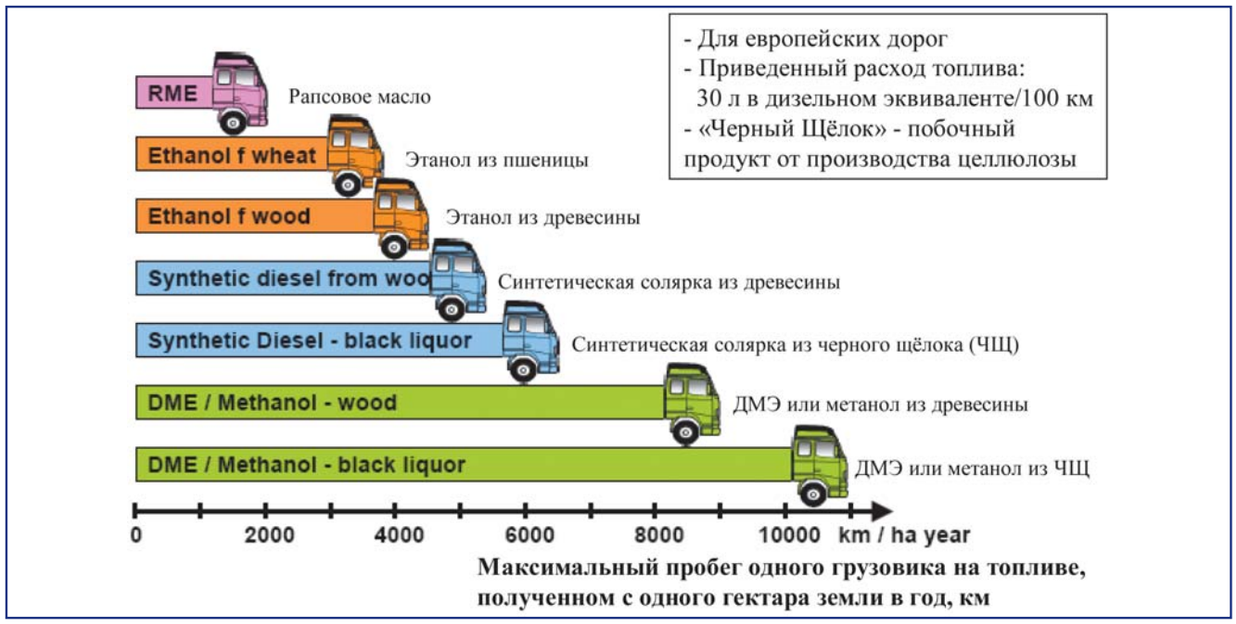


Рис. 1. *Сравнительная оценка различных типов биосырья*

кой принцип, естественно, отвечает интересам Вольво как компании, главной основой которой является производство грузовиков.

На следующем этапе сравнительного анализа необходимо определить более конкретно экономические факторы, которые могут способствовать продвижению ДМЭ на рынок моторного топлива. Чтобы исключить влияние конъюнктурных факторов рынка, таких как например влияние на розничную цену топлива соотношений спроса и предложения, производились опять же сравнительные расчеты по себестоимости, в частности, используя синтетическое дизельное топливо Fischer-Tropsch. Последнее до недавнего времени считалось некоторыми крупными европейскими конкурентами "Вольво" одним из основных кандидатов на замену топлив на нефтяной основе. Рисунок 3 показывает расчетную стоимость этого топлива в сравнении со

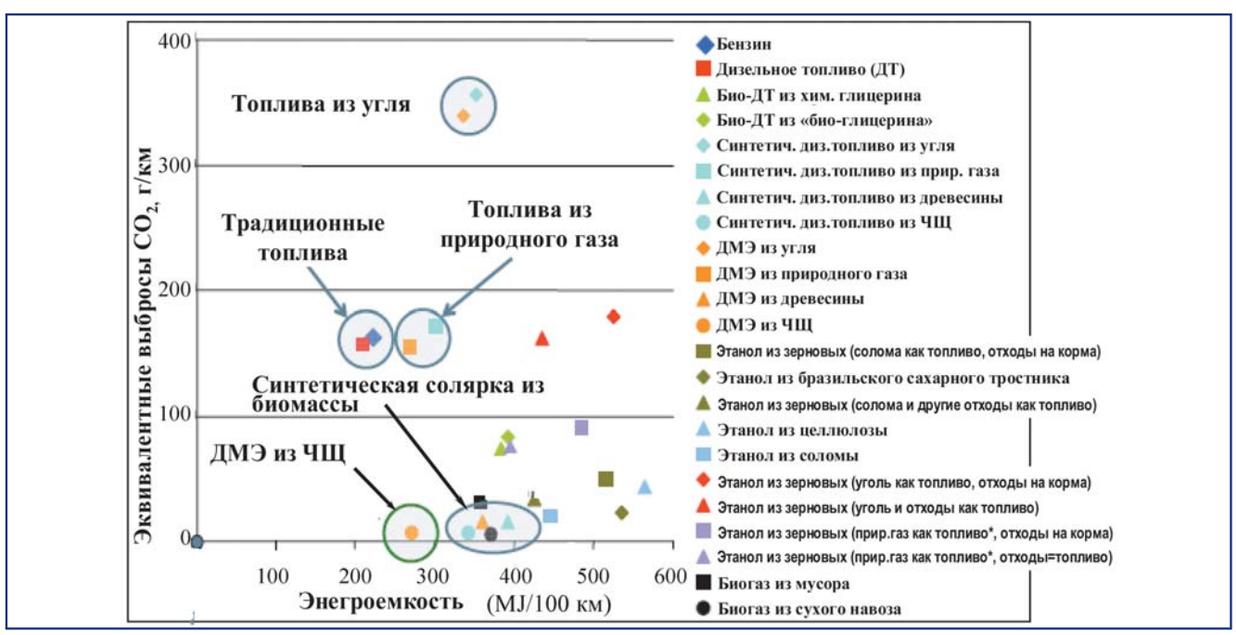


Рис. 2. *Сравнительная оценка различных топлив*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:14

Color profile: Disabled
Composite Default screen

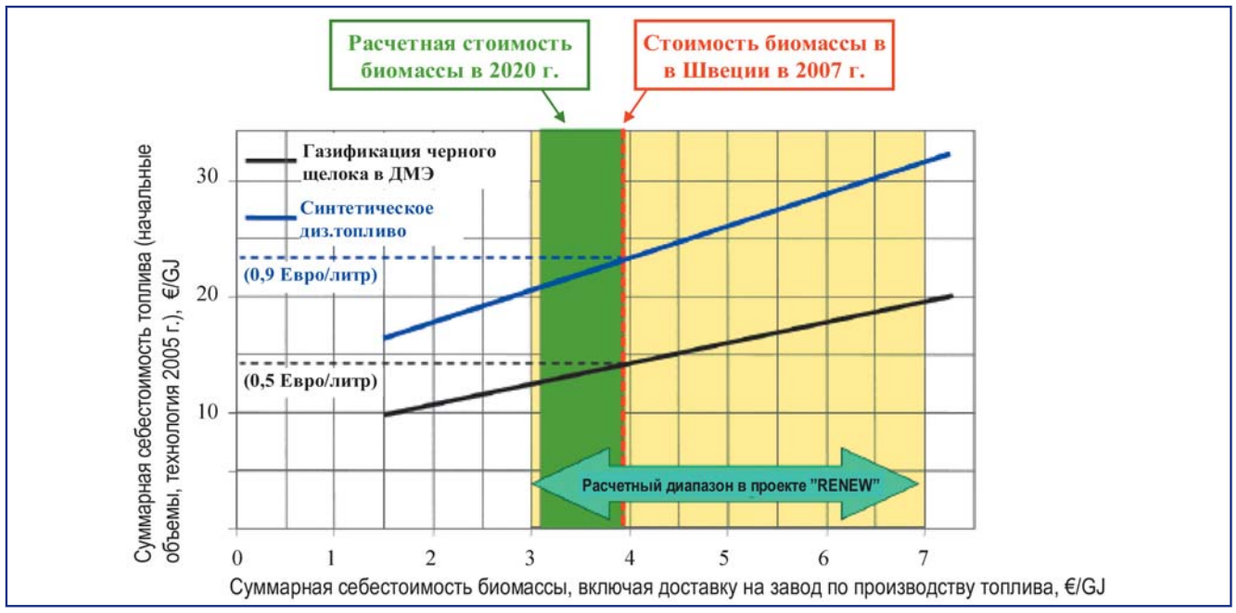


Рис. 3. *Сравнительная себестоимость производства ДМЭ и синтетического дизельного топлива ("Fischer-Tropsch Diesel")*

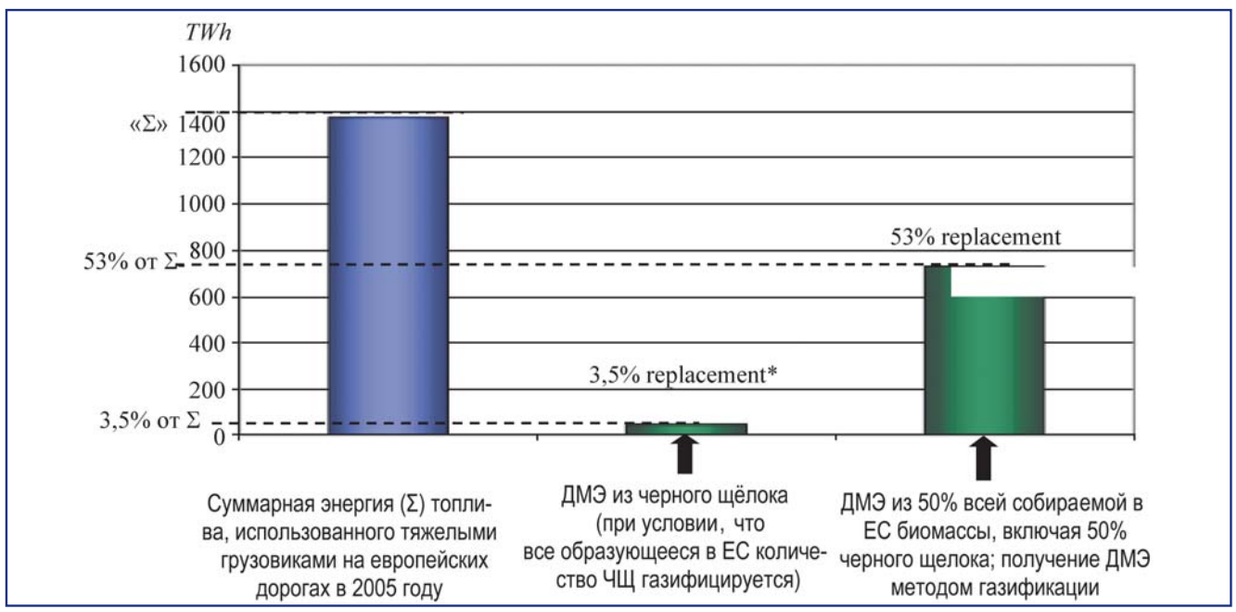


Рис. 4. *Потенциал ДМЭ из биомассы как заменителя традиционного топлива тяжелых грузовиков в Европе к 2030 г.*

стоимостью ДМЭ в ожидаемом диапазоне цен на биомассу. Разница в пользу ДМЭ чрезвычайно существенна.

Несмотря на то, что в целом по Европе количество образующегося черного щелока относительно невелико, для некоторых скандинавских стран, имеющих значительные лесные ресурсы и/или развитое целлюлозно-бумажное производство, удельный вес ДМЭ из ЧЩ на рынке моторных топлив может быть очень значительным. Например, в Швеции ДМЭ, произведенный из собственного ЧЩ, мог бы обеспечить до 50 % потребности всего тяжелого (грузовики общей массой свыше 16 т) автотранспорта в топливе.

Тем не менее, в целом по Европе энергоресурсы получаемой биомассы других видов настолько велики, что переработка половины ее в ДМЭ могла бы обеспечить примерно такое же (53 %) замещение диметилэфиром традиционных топлив (см. рис. 4). Любая биомасса может быть подвергнута высокоэффективной газификации с последующим получением ДМЭ, и в этом еще одно несомненное преимущество этого топлива.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 ". 13:20:34

Color profile: Disabled
Composite Default screen

 ISSN 2073-8323

УДК 436. 03. 001. 53

НА ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ЦИКЛА

Л.В. Грехов, д-р техн. наук, **Н.А. Иващенко, В.А. Марков,** д-р техн. наук,
Ю.М. Крохотин (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Рассмотрены топливные системы газодизелей. Предложены конструкции форсунок, повышающие стабильность и увеличивающие давление впрыскивания запальных доз дизельного топлива.

Ключевые слова: газодизель, топливная система, электрогидравлическая форсунка, упор.

ON WAYS TO IMPROVE THE GAS-DIESEL CYCLE

Grekhov L.V., Ivaschenko N.A., Markov V.A., Krokhotin Yu.M.

Gas diesel fuel systems are considered. Designs of injectors improving the stability and increasing the pressure of the sparking doses injection are proposed.

Keywords: gas diesel, fuel system, electro hydraulic injector, stop.

В настоящее время в качестве одного из наиболее перспективных видов альтернативного моторного топлива рассматривается природный газ [1, 2]. В 2010 г. доля природного газа в мировом балансе газовых альтернативных видов моторного топлива превысила 50 %. К 2035 г. мировое годовое потребление природного газа вырастет до 5,1 трлн м^3, а его доля в топливном балансе планеты увеличится до 25 % [3]. Россия обладает огромными запасами природного газа: ее доля в мировых запасах природного газа составляет 18 %, а в общем объеме добываемого природного газа на ее долю приходится 15 % мировой добычи. Применение природного газа, в первую очередь, целесообразно на автомобильном транспорте, потребляющем большую часть моторных топлив. В Германии предполагается к 2020 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 20 % от общего автомобильного парка [2]. Используется этот вид топлива и на железнодорожном транспорте, в судовых дизелях, дизель-генераторных и мотокомпрессорных установках, других стационарных двигателях.

Особенность использования природного газа заключается в том, что он находится в одном агрегатном состоянии с окислителем – воздухом. Это облегчает организацию процесса смесеобразования, позволяет получить гомогенную топливовоздушную смесь, обеспечить ее полное сгорание, высокие экономические и экологические показатели двигателя. Причем, при конвертации двигателей внутреннего сгорания на природный газ предпочтительно использовать дизельные двигатели, отличающиеся высокой степенью сжатия и работающие с увеличенным по сравнению с бензиновыми двигателями коэффициентом избытка воздуха. Это позволяет повысить эффективность сжигания природного газа, получить улучшенные показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов. Но при переводе дизельных двигателей на газообразные топлива возникает проблема обеспечения надежного воспламенения газовоздушной смеси в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов транспортного двигателя. Это обусловлено тем, что температура самовоспламенения нефтяных дизельных топ-

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:34

Color profile: Disabled
Composite Default screen

лив составляет 230–300 °С (в зависимости от марки топлива), а природный газ (метан) имеет температуру самовоспламенения 540 °С. Поэтому температура конца сжатия T_c может оказаться недостаточной для самовоспламенения рабочей смеси. Одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы является реализация газодизельного цикла, в котором воспламенение газовоздушной смеси осуществляется от запальной дозы дизельного топлива [1, 2].

Возможно также принудительное зажигание рабочей смеси от свечи накаливания. Однако наименее затратным и достаточно легко реализуемым является воспламенение смеси природного газа с воздухом от запальной дозы дизельного топлива. Вместе с тем, существует проблема, которая до недавнего времени не была решена – низкое давление впрыскивания и нестабильность запальных доз, вызывающая пропуски рабочих циклов и скапливание несгоревшего газа в раскаленной системе выпуска ОГ [4].

Величина запальной дозы должна быть минимальной (около 5–15 % от номинальной цикловой подачи), что значительно меньше подач холостого хода. Аккумуляторные топливные системы способны подавать такие дозы [5], но в этом случае топливная система газодизеля в целом получается слишком громоздкой. Для подачи запальных доз необходимо использовать простые топливные системы непосредственного действия. Однако, по данным [6], максимальная величина давления впрыскивания цикловых подач, соответствующих режиму холостого хода дизеля 6 ЧН 21/21, не превышает 15 МПа, после основного впрыскивания происходят от одного до трех неконтролируемых подвпрыскиваний топлива, форсунки льют. В связи с этим пуск и работа газодизелей на режиме холостого хода происходят при работе по дизельному циклу без подачи газа.

Топливные факелы, выходящие из распылителей форсунок, после прогрева и самовоспламенения дизельного топлива в цилиндре превращаются в огненные факелы, воспламеняющие газ. Чем больше число и размеры факелов, тем устойчивее воспламенение газа, тем больше шансов поддерживать рабочий процесс в случае уменьшения количества газа, поступающего в цилиндры при уменьшении нагрузки двигателя, тем больше степень замещения дизельного топлива газом. Размеры факелов при неизменных размерах проходных сечений распылителя определяются в основном тремя факторами: *1* – давлением впрыскивания дизельного топлива (чем оно больше, тем мельче распыливание дизельного топлива, больше поверхность факелов); *2* – скоростью и направлением движения газов на такте сжатия (чем больше скорость, тем качественнее смесеобразование и полнее сгорание газовоздушной смеси); *3* – давление в цилиндре (чем больше противодавление впрыскиванию дизельного топлива, тем эффективнее дробление струи, выходящей из каждого сопла, но меньше дальнобойность факелов). При уменьшении частоты вращения коленчатого вала и нагрузки газодизеля давление впрыскивания, скорость движения газов и давление газов в цилиндре уменьшаются, условия смесеобразования, воспламенения и сгорания газа ухудшаются, появляются недопустимые пропуски рабочих циклов. Увеличить размеры факелов при минимизированной запальной дозе можно за счёт увеличения давления впрыскивания и создания дополнительного тангенциального движения газов с помощью специальных вытеснителей на головке поршня.

Считается, что проблема увеличения давления впрыскивания на режиме холостого хода дизелей давно решена путём отключения части цилиндров и увеличения цикловой подачи в работающих цилиндрах. Не вдаваясь в анализ недостатков этого метода, отметим, что для стабилизации запальных доз при работе всех цилиндров он неприемлем. Пневматическое или гидравлическое догружение иглы форсунки увеличивает величину максимального давления впрыскивания, но вместе с тем расширяет зону нестабильных цикловых подач и приводит к неконтролируемым подвпрыскиваниям топлива. Следует иметь в виду, что в известных топливных системах догружение игл форсунок чаще всего осуществляется не циклично, а непрерывно. Однако более предпочтительно догружать иглу лишь перед началом её подъёма и в процессе посадки, а также в течение некоторого времени после посадки иглы на запирающий конус распылителя.

Известно, что цикловая подача топлива связана с давлением впрыскивания зависимостью:

$$V_{ц} = \mu_c f_c t_{впр} \sqrt{\frac{2}{\rho}} \sqrt{p_{с.ср} - p_{ц}}, \qquad (1)$$

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 ‘. 13:20:34

Color profile: Disabled
Composite Default screen

где $\mu_c f_c$ – эффективное проходное сечение сопловых отверстий распылителя форсунки; $t_{впр}$ – продолжительность впрыскивания; $p_{с.ср}$, $p_ц$ – соответственно среднее давление впрыскивания и давление в цилиндре; ρ – плотность топлива. Из формулы (1) следует, что при неизменной величине цикловой подачи (в нашем случае – запальной дозы дизельного топлива) для увеличения максимального и среднего давления впрыскивания необходимо уменьшить эффективное проходное сечение сопловых отверстий и (или) уменьшить продолжительность впрыскивания.

Известно, что возможность уменьшения диаметра сопловых отверстий до 0,1–0,06 мм ограничена неблагоприятными изменениями геометрии топливных струй, опасностью засорения и закоксовывания сопел распылителя *10*. Уменьшению продолжительности впрыскивания запальных доз способствует увеличение скорости подъёма иглы и опускания иглы, а также величина хода иглы до подвижного упора запальных доз. В этом отношении топливные системы непосредственного действия имеют ряд неиспользованных возможностей, в частности – комбинированное запирание иглы, при котором пружина форсунки не препятствует началу подъёма иглы, но способствует началу её опускания. Увеличить скорость опускания иглы и исключить подвпрыскивания топлива позволит перепускной клапан, имеющий электромагнитный или пьезоэлектрический привод. В разные фазы процесса впрыскивания клапан сообщает или разобщает гидрозапорную камеру с камерой перед запирающим конусом иглы. В частности, в конце подачи топлива клапан открывается, давление над иглой резко возрастает, обеспечивая быструю посадку иглы. После посадки иглы давление перед запирающим конусом равно давлению в гидрозапорной камере, но сверху топливо действует на всю площадь сечения прецизионной части иглы, а снизу – лишь на дифференциальную площадку. Чем больше амплитуда волны давления после посадки иглы, тем плотнее прижимается игла к запирающему конусу – подвпрыскивания топлива невозможны.

Нестабильность подач холостого хода и запальных доз дизельного топлива связана, в основном, с волновыми процессами в топливопроводах высокого давления, двухфазным состоянием топлива в конце впрыскивания, нестабильностью остаточного давления на линии "топливный насос высокого давления (ТНВД) – топливопровод – форсунка", упругими колебаниями пружин форсунок, несоответствием между количеством топлива, поданного секцией ТНВД в топливопровод высокого давления и количеством топлива, вышедшим из топливопровода. Основными факторами, определяющими величину нестабильности запальных доз, являются наличие топливопровода между секцией ТНВД и форсункой, а также разная высота подъема иглы форсунки в последовательных циклах.

Наши исследования режимов холостого хода для аккумуляторных топливных систем показали, что исключить пропуски рабочих циклов можно путём установки в форсунку дополнительного упора, установленного с зазором по отношению к торцу хвостовика иглы форсунки или насос-форсунки. В топливных системах непосредственного действия дополнительный упор (назовём его упор запальной дозы) может быть нагружен механической пружиной. Эта конструкция представляет собой форсунку с одной иглой и двумя пружинами. Две витых пружины не всегда возможно разместить в корпусе форсунки. Мы предлагаем форсунку, в которой упор *5* запальной дозы выполнен в виде деформируемого тонкостенного стакана, материалом которого является пружинная сталь (рис. 1).

В верхней части упора *5* выполнен бурт *3*, которым упор *5* опирается на регулировочную шайбу *4*. Бурт *3* зажат между корпусом *2* регулировочного винта и корпусом *7* форсунки. С помощью регулировочной шайбы *4* между нижним торцом упора *5* и тарелкой *8* устанавливается зазор величиной 0,05–0,10 мм. Для облегчения деформации упора *5* вдоль его продольной оси могут быть выполнены пазы. Число пазов и толщи-

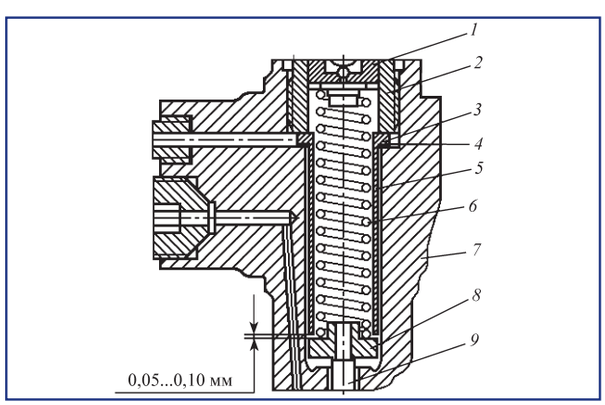


Рис. 1. *Схема установки неподвижного деформируемого упора в корпус форсунки газодизеля ГДГ-50:*
1 – тарелка регулировочного винта; *2* – корпус регулировочного винта; *3* – бурт упора; *4* – шайба регулировочная; *5* – упор неподвижный; *6* – пружина; *7* – корпус форсунки; *8* – тарелка пружины; *9* – штанга

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:35

Color profile: Disabled
Composite Default screen

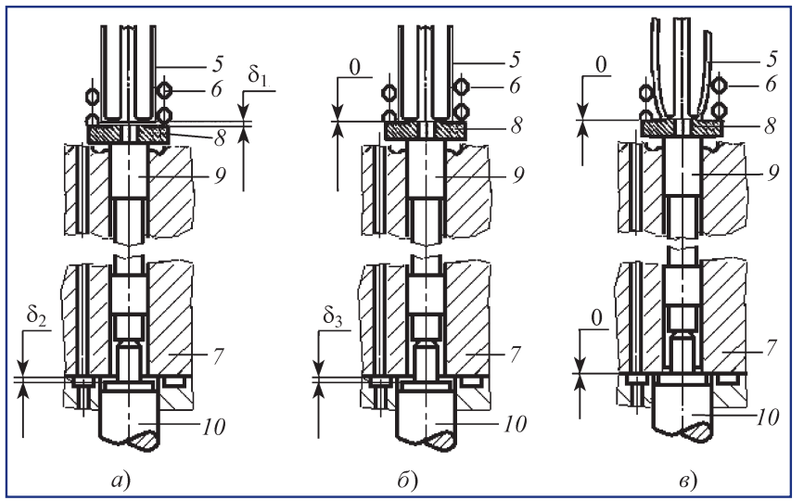


Рис. 2. *Положение деталей форсунки в зависимости от условий работы двигателя:*
а – исходное положение; *б* – подача запальных доз дизельного топлива; *в* – работа дизеля под нагрузкой без подачи газа: позиции *1–9* соответствуют рис. 1; *10* – игла форсунки; δ_1, δ_2, δ_3 – торцевые зазоры

на стенки упора зависят от многих факторов, например, таких как ход иглы до упора, усилие и жесткость пружины, требуемая величина запальной дозы, суммарная масса подвижных деталей и др.

При работе двигателя на газе с подачей запальной дозы дизельного топлива форсунка работает следующим образом (рис. 2, *а*, *б*). В исходном положении между тарелкой *8* и упором *5* существует зазор δ_1, оптимальная величина которого составляет от 0,05 до 0,10 мм (рис. 2, *а*).

Между торцом иглы *10* и корпусом *7* форсунки также имеется зазор (δ_2), определяющий максимальную высоту подъема иглы (у форсунок дизелей различного назначения величина δ_2 составляет от 0,30 до 0,75 мм). ТНВД подает порцию топлива, соответствующую величине запальной дозы. В начале впрыскивания топлива игла *10* преодолевает усилие пружины *6* и вместе со штангой *9* и тарелкой *8* поднимается вверх до соприкосновения тарелки *8* с торцом упора *5* запальной дозы (рис. 2, *б*). Так как величина подачи топлива, ход δ_1 и инерция подвижных деталей невелики, игла *10* не в силах преодолеть силу упора *5*. Высота подъёма иглы в смежных циклах становится неизменной или незначительно изменяется при небольшой деформации упора (это зависит от величины запальной дозы, хода иглы до упора запальных доз, жесткости упора, величины подвижных масс, скоростного режима двигателя и др.). Стабильная высота подъёма иглы обеспечивает неизменное проходное сечение под иглой и стабильную без пропусков подач запальную дозу.

При работе двигателя на дизельном топливе без подачи газа форсунка работает следующим образом (рис. 2, *в*). При непредвиденных обстоятельствах (например, закончился запас газа) должна быть обеспечена нормальная работа двигателя на дизельном топливе без подачи газа. В этом случае ТНВД увеличивает цикловую подачу и максимальную величину давления топлива. Упор *5* запальной дозы деформируется. Игла *10* форсунки поднимается на максимальную высоту до корпуса *7* форсунки. Под иглой обеспечивается максимальное проходное сечение. Так как нагрузочный режим работы двигателя на дизельном топливе (без подачи газа) является в некотором роде резервным (такой режим называют "limp home"–"хромай домой"), максимальный ход (δ_2) иглы форсунки желательно уменьшить, что благотворно скажется на работоспособности топливной системы и ресурсе упора запальных доз. Использование в каждой форсунке двух механических пружин приводит к вялому окончанию впрыскивания, особенно при подаче запальных доз, когда деформация упора *6* минимальна и упор *6* практически не участвует в посадке иглы. Кроме этого, для изменения усилия механической пружины необходимо, по меньшей мере, разобрать форсунку.

Более предпочтительным является вариант с комбинированным запиранием. В этом случае упор запальной дозы представляет собой механическую пружину, а игла нагружена давлением топлива (рис. 3).

Для того, чтобы в конце впрыскивания опустить иглу такой форсунки на запирающий конус, необходимо создать разность усилий на неё сверху и снизу. В различных условиях это можно сделать по-разному:

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 ". 13:20:35

Color profile: Disabled
Composite Default screen

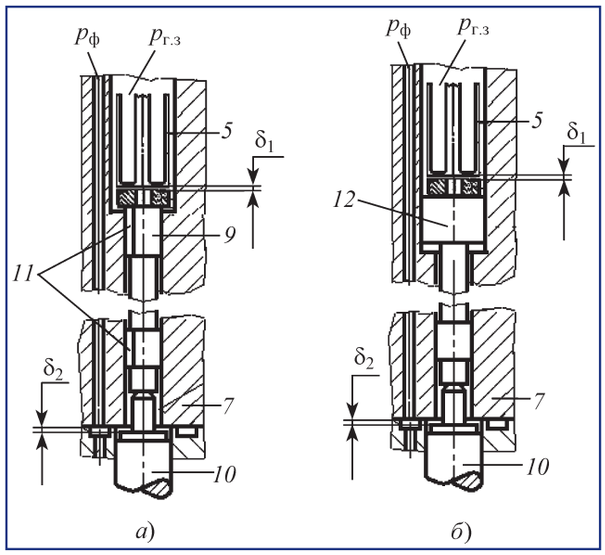


Рис. 3. *Варианты конструкции форсунки:*
а – с комбинированным запиранием без мультипликатора; *б* – с комбинированным запиранием и мультипликатором: позиции *5*, *7*, *9*, *10* соответствуют рис. 1; *11* – паз; *12* – мультипликатор; $p_ф$, $p_{г.з}$ – давления перед запирающим конусом иглы и в гидрозапорной камере форсунки

1 – давление в гидрозапорной камере равно давлению перед запирающим конусом иглы; давление в сопловом канале распылителя меньше давления перед запирающим конусом за счёт дросселирования топлива в проходном сечении под иглой при условии $\mu_и f_и < \mu_с f_с$;

2 – давление в гидрозапорной камере равно давлению перед запирающим конусом иглы; усилие на иглу со стороны гидрозапорной камеры больше усилия снизу за счёт установки дополнительного прецизионного мультипликатора, внешний диаметр которого больше внешнего диаметра иглы;

3 – давление в гидрозапорной камере больше, чем давление перед запирающим конусом иглы за счёт дополнительной системы гидрозапирания.

Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки. Не вдаваясь в их анализ, отметим, что первый вариант реализуется легче. Для этого между гидрозапорной камерой и камерой перед запирающим конусом иглы достаточно установить клапан, имеющий электромагнитный или пьезоэлектрический привод и микропроцессорное управление.

Таким образом, для того, чтобы топливная система непосредственного действия обеспечила высокое давление и стабильность запальных доз дизельного топлива в газодизелях, она должна иметь следующие конструктивные особенности:

1 – для подачи запальных доз используются насос-форсунки;

2 – каждая из насос-форсунок имеет дополнительный подвижный упор, ограничивающий высоту подъёма иглы при подаче запальных доз;

3 – насос-форсунки имеют комбинированное запирание (в начале подъёма и в конце опускания иглы – гидравлическое, в конце подъёма и начале опускания иглы – гидромеханическое запирание);

4 – каждая насос-форсунка содержит перепускной клапан, имеющий электромагнитный или пьезоэлектрический привод. В разные фазы процесса впрыскивания клапан сообщает или разобщает гидрозапорную камеру с камерой перед запирающим конусом иглы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах. М.: Легион-Автодата, 2008. 464 с.

2. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. 480 с.

3. **Пронин Е.Н.** Мировой рынок: наступила эпоха метана // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. № 6. 9 с.

4. **Фофанов Г.А., Григорович Д.Н., Нестрахов А.С.** Альтернативные виды топлива на подвижном составе железнодорожного транспорта. М.: Интекс, 2008. 144 с.

5. **Крохотин Ю.М.** Решение проблемы получения стабильных доз газодизелей // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2012. № 4. С. 20–23.

6. **Вейнблат М.Х., Федякин П.А.** Снижение дымности отработавших газов форсированного дизеля на режимах холостого хода // Двигателестроение. 1990. № 11. С. 8–10.

7. **Крохотин Ю.М., Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Рабочие процессы, конструкция и основы расчета энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания: учебник для вузов. Воронеж. ФГБОУ ВПО "Воронежская государственная лесотехническая академия", 2011. 600 с.

8. **Федотов Г.Б., Левин Г.И.** Топливные системы тепловозных дизелей. М.: Транспорт, 1983. 192 с.

9. **Коротнев А.Г., Кульчицкий А.Р., Грехов Л.В.** Аккумулирование утечек топлива в надыгольном объеме форсунок и экологические показатели дизеля // Автомобильная промышленность. 2002. № 4. С. 13–15.

10. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей. М.: Легион-Автодата, 2005. 344 с.

11. **Крохотин Ю.М.** Семейство электрогидравлических форсунок с комбинированным запиранием иглы для топливных систем непосредственного действия разделенного типа: основные положения // Автомобильная промышленность. 2009. № 6. С. 13–15.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:36

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 629.33.063.2.083

РЕЖИМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГАЗОВЫХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В.А. Зенченко, канд. техн. наук, **А.Н. Глотов,** асп., МАДИ

В последнее десятилетие наблюдается интенсивный рост автотранспортных средств, использующих газовое топливо, ежегодное увеличение которых на протяжении последнего десятилетия наблюдается как в отечественной, так и в мировой практике.

Ключевые слова: автотранспортные средства, газовое топливо, экологическая ситуация, инфраструктура, потребление газа, окружающая среда, снижение вредного влияния.

MODES OF SERVICE OF GAS SUPPLY SYSTEM WITH ELECTRONIC CONTROL

Zenchenko V.A., Glotov A.N.

The past decade has seen rapid growth author totransportnyh means using gas fuel, the annual increase in that over the last decade is observed both in the domestic and in the world.

Keywords: vehicles, gas fuel, Eco-tech situation, infrastructure, gas consumption, the environment, reduction of harmful effects.

Тенденция увеличения автотранспортных средств (в динамике с учетом прогноза) использующих газовое топливо (рис. 1) обусловлена возросшими требованиями к АТС по снижению затрат на их эксплуатацию и ужесточению экологических норм к токсичности отработавших газов (ОГ), поскольку по сравнению с традиционными топливами ГСН менее токсичен [16].

Использование его позволяет улучшить экологическую ситуацию, что очень важно особенно для крупных городов.

По данным производителей ГСН [14, 15] объем производства к 2015 г. превысит его потребление на 1 млн т/г. В связи с этим Правительством РФ намечен ряд мер по стимулированию потребления ГСН как альтернативного вида моторного топлива, предполагающих увеличение производства газобаллонных автомобилей (ГБА) в заводском исполнении. При этом уже в настоящее время доля потребления газа в качестве автомобильного топлива в РФ составляет 2 % и по прогнозам [4, 10, 11] будет расти.

Исторически в РФ широкое распространение переоборудования бензиновых автомобилей в газобаллонные получило еще в конце 1980-х гг. В основном увеличение парка ГБА происходило за счет переоборудования серийных бензиновых автомобилей, и в первую очередь легковых (75 %, рис. 2).

В настоящее время в РФ, как и в других странах, наблюдается рост парка ГБА, работающего на ГСН, его инфраструктуры, и такая тенденция, по всей видимости, сохранится и в будущем.

При этом наиболее интенсивно вопросом продвижения на рынок АТС, работающих на ГСН с 2010 г. занимается группа ГАЗ, производящая газобаллонные автомобили "Газель-бизнес" [8, 12]. Одновременно для обеспечения парка ГБА в последние годы вводятся в строй передвижные автомобильные газонаполнительные станции (АГНС). Следовательно, можно сделать вывод о том, что парк ГБА, работающих на ГСН, в РФ имеет тенденцию к росту, объемы потребления ГСН увеличиваются, сеть АГНС развивается. С целью улучшения экологической ситуации в ряде областей и городов РФ действуют и внедряются программы по использованию ГСН на автомобильном транспорте (АТ). Например,

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:36

Color profile: Disabled
Composite Default screen

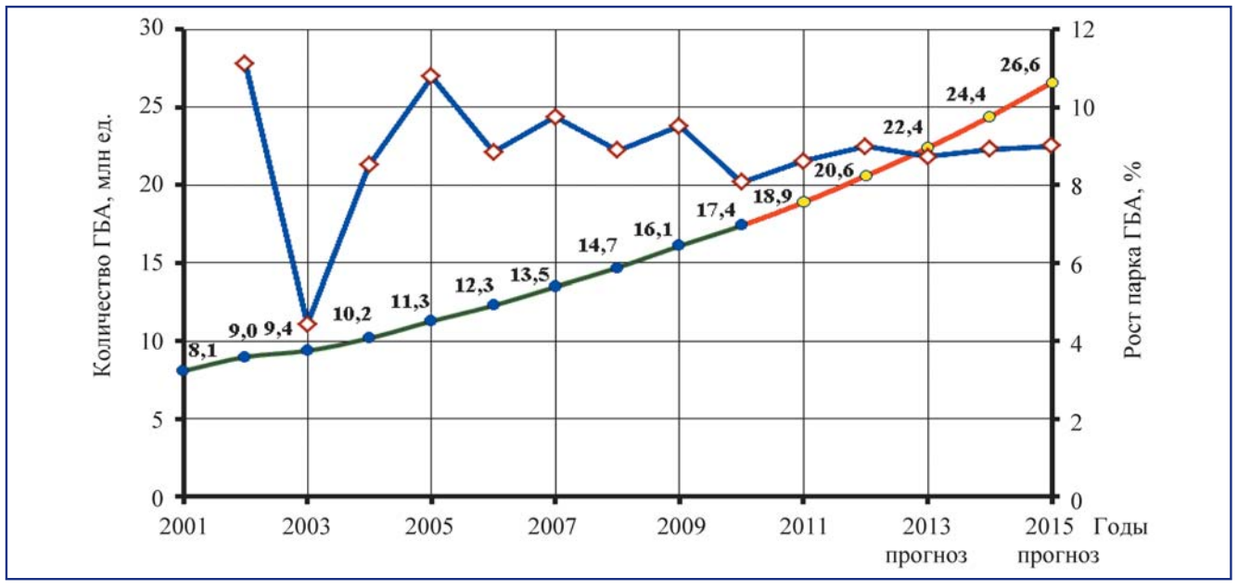


Рис. 1. *Динамика мирового развития парка газобаллонных автомобилей, работающих на ГСН*

в Москве, перевод бензиновых автомобилей на ГСН осуществляется в соответствии с программой "Снижение вредного влияния АТ на окружающую среду в г. Москве" [9] и постановлениями Правительства [6, 7]. Очевидно, что в дальнейшем, при благоприятной экономической коньюктуре темп роста парка ГБА ГСН в России сохранится.

В то же время для поддержания парка ГБА в технически исправном состоянии и повышения его экологической безопасности АТП необходима соответствующая нормативно-техническая документация (НТД), определяющая режимы и технологию ТО и ремонта, методы диагностирования и поиска неисправностей, рекомендации по обеспечению минимальной токсичности ОГ, оборудование и инструмент и др. В настоящее время в полном объеме такая документация не разработана и не внедрена, что приводит в реальной действительности к значительным затратам на ТО и ремонт и снижению уровня работоспособности и прибыльности АТС. Необходимость решения данного вопроса связано с тем, что при переоборудовании серийных автомобилей в России используют ГСП различных конструкций, отличающихся сложностью, надежностью, экологическими характеристиками, нормативными значениями режимов обслуживания, технологиями ТО и ремонта, применяемым оборудованием.

На практике в РФ используются конструкции ГСП четырех поколений [1, 13, 14, 15], а именно: механические системы с пневматическим управлением (1-е поколение); механические системы с пневматическим управлением, дополненные электронным дозатором газа и блоком управления ГСП (2-е поколение); системы распределенного одновременного и полупоследовательного впрыска газа с механическими форсунками (3-е поколение); системы распределенного последовательного впрыска газа с электромагнитными форсунками, управляемые более совершенным ЭБУ, способным взаимодейство-

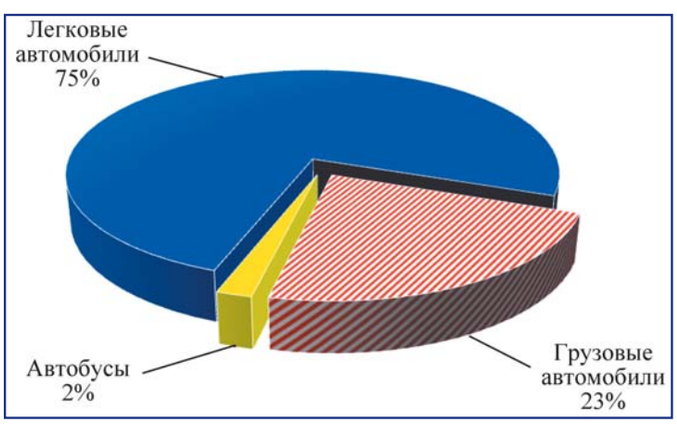


Рис. 2. *Структура парка ГБА, работающих на ГСН, в процентах*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:50

Color profile: Disabled
Composite Default screen

вать со штатными диагностическими системами OBD, OBD-2 и EOBD (4-е поколение). Кроме того, на мировом рынке началось продвижение систем с непосредственным впрыском газа в камеру сгорания (системы 5-го поколения).

Уровень затрат на поддержание работоспособности и уровень надежности в эксплуатации автомобилей, определяющий работоспособность АТС, оснащенных новыми типами ГСП с ЭСУД (4-го и 5-го поколений), в значительной мере зависят от степени обоснованности используемых нормативов технического обслуживания и ремонта. Вместе с тем, как отмечалось выше, нормативно-техническая документация (НТД) по эксплуатации, режимам и технологиям обслуживания газобаллонных автомобилей (ГБА), оснащенных ГСП с ЭСУД, разработанная для ранних типов и конструкций ГСП, не соответствует сегодняшнему уровню их развития.

В связи с этим, в условиях интенсивного совершенствования конструкций автотранспортных средств и их элементов важным фактором повышения эффективности технической эксплуатации является сокращение сроков разработки научно-обоснованных нормативов и их оперативное корректирование с учетом конкретных условий эксплуатации. Это имеет прямое отношение и к формированию научно-обоснованных режимов технического обслуживания (ТО) отмеченных систем. Их отсутствие приводит к снижению эксплуатационной надежности и значительным затратам на поддержание АТС в исправном состоянии и, соответственно, к потерям транспортной работы. Острота данного вопроса встала на повестку для после вступления в силу Закона о техническом регулировании, отменившим "Положение о ТО и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта", регламентировавшего режимы ТО и ремонта АТС. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что рекомендации заводов – производителей АТС и их элементов не всегда соответствуют специфике эксплуатации автомобилей, оснащенных ГСП с ЭСУД, особенно на начальном (гарантийном) периоде эксплуатации. Поэтому руководителям автотранспортных предприятий и частным владельцам АТС приходится принимать режимы обслуживания исходя из собственного опыта, что не всегда (или как правило) является рациональным решением.

В связи с изложенным необходимость проведения исследований, направленных на разработку методов формирования и корректировки режимов обслуживания ГСП с ЭСУД (особенно последних поколений) на стадиях их освоения, постоянной модернизации и последующей эксплуатации автомобилей, не вызывает сомнения и обусловливает их актуальность.

При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что в реальной действительности, в процессе решения поставленной задачи для новых систем ГСП с ЭСУД, на начальной стадии их эксплуатации, возникают трудности с получением достоверной информации о надежности элементов, что исключает возможность использования раннее разработанных и успешно апробированных методов и методик, поскольку их применение требует проведения длительных эксплуатационных наблюдений, что не всегда (и как правило) возможно (в том числе и использование методик, обеспечивающих формирование рациональных режимов обслуживания элементов автотранспортных средств новых моделей на начальной стадии их освоения в условиях ограниченной информации о надежности систем [2, 3]).

В то же время при формировании режимов обслуживания необходимо учитывать такую особенность, как экономическую нецелесообразность проведения контроля технического состояния и обслуживания элементов рассматриваемых систем (ГСП с ЭСУД последних поколений), когда их техническое состояние на начальном периоде эксплуатации выше среднего. При накоплении же пробегов АТС и естественного износа элементов (и их старения) может возникать объективная необходимость в ужесточении режимов обслуживания, вызывающих более частое обращение на контроль технического состояния, обслуживание и предупредительный ремонт с целью обеспечения рационального уровня работоспособности АТС и минимизации как затрат на поддержание заданного уровня надежности, так и потерь в транспортной работе.

Вышеотмеченные требования, особенности и ограничения, связанные со сложностью (или невозможностью) применения существующих методов и методик формирования рациональных (или оптимальных) режимов обслуживания

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:51

Color profile: Disabled
Composite Default screen

новых типов ГСП с ЭСУД в условиях отсутствия информации о закономерностях (функциях) распределения наработок на отказы, вызывают целесообразность использования для рассматриваемой задачи специальных прикладных методов оптимизации, базирующихся на применении минимаксных принципов определения стратегий обслуживания. Такие стратегии предполагают минимизацию возможного максимального ущерба (с получением оптимальных значений показателя функционирования системы для наихудших вариантов характеристик ее надежности) при определении и назначении моментов контроля технического состояния и, при необходимости, восстановления работоспособности элементов на любом пробеге заданного интервала эксплуатации системы.

Таким образом, задача в выборе оптимальной стратегии сводится к определению таких моментов времени (L_1, L_2, ..., L_k) < L_n проведения контроля технического состояния (проверок), при которых минимизировалось бы математическое ожидание S полных затрат от отказов и от самого контроля.

Математическое ожидание величины общих затрат и потерь согласно [5], в данной ситуации может быть отражено в виде:

$$S = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{L_k}^{L_{k+1}} [S_{\text{П}}(k+1) + S_0(L_{k+1} - L)] dF(L), \qquad (1)$$

где $k = (\overline{1,\ n})$ – порядковый номер контроля технического состояния и обслуживания ГСП (номер проверки); L_k – наработка на момент проведения k-й проверки (контроля технического состояния и обслуживания) ГСП; $S_{\text{П}}$ – затраты на проверку (контроль технического состояния ГСП); SO – затраты на устранения отказа ГСП и потери АТС транспортной работы по причине потери его работоспособности и снижения уровня безопасности в эксплуатации; $F(L)$ – вероятность возникновения отказа элемента на L-м пробеге АТС.

При неизвестных законах распределения наработок элементов на отказы и, соответственно, значений $F(L)$, равных значениям вероятностей возникновения отказов элементов на момент проведения k-й проверки $F(L_k)$, применение ***минимаксного*** подхода предусматривает выбор в качестве вероятности $F(L)$ наиболее неблагоприятное с точки зрения затрат распределение, в качестве которого выступает равномерное на интервале [0, $L_{\text{зад}}$].

В связи с этим выражение (1) принимает вид:

$$S = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{L_k}^{L_{k+1}} [S_{\text{П}}(k+1) + S_0(L_{k+1} - L)] \frac{dL}{dL_{\text{зад}}}. \qquad (2)$$

В данном выражении величина общих затрат и потерь {S} моделируется для каждого элемента рассматриваемой системы ГСП с ЭСУД с последующей её минимизацией и формированием однородных кластеров множества {S} в сечениях выявленных моментов проверок (контролей технического состояния элементов), что, в конечном итоге, позволит сформировать оптимальные режимы контроля и обслуживания ГСП с учетом интенсивности эксплуатации АТС и изменения (и, соответственно, старения) для них накопленных пробегов.

Вместе с тем необходимо учитывать то, что в процессе проведения контроля технического состояния элементов ГСП на величины $S_{\text{П}}$ (затраты на контроль технического состояния ГСП) и S_0 (затраты на устранение отказов и потери транспортной работы АТС) оказывают влияние:

уровень квалификации персонала (K);

уровень оснащенности диагностическим и технологическим оборудованием для производства обслуживания и ремонта ГСП (U);

затраты на устранение отказов ГСП ($C_{з0}$);

потери транспортной работы АТС вследствие невозможности выполнения транспортной работы АТС и снижения уровня их безопасности в эксплуатации ($\Pi_{\text{О}}$);

дисконт d (т.е. норма приведения разновременных затрат с учетом фактора времени t, инфляционных ожиданий i и ставки рефинансирования ЦБ r, влияющая в свою очередь на $C_{З0}$, Π_0, S_0 и $S_{\text{П}}$), т.е.

$$S_{\text{П}} = f(K;\ U), \qquad (3)$$

$$S_0 = f(K;\ C_{з0};\ \Pi_0;\ d). \qquad (4)$$

При этом величина дисконта d выступает в качестве функционала

$$d = f(t;\ i;\ r), \qquad (5)$$

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:20:51

Color profile: Disabled
Composite Default screen

где t – срок службы диагностического и технологичного оборудования, используемого для обслуживания элементов ГСП; i – инфляционные ожидания; r – ставка рефинансирования ЦБ.

Между тем уровень оснащенности диагностическим и технологическим оборудованием для производства обслуживания и ремонта ГСП (U) зависит от производительности, информативности, технического совершенства и, соответственно, стоимости диагностического оборудования ($C_{П\ об}$), используемого при проверке технического состояния элементов ГСП:

$$U = f(C_{П\,об}). \quad (6)$$

В свою очередь величина затрат на восстановление работоспособности ГСП ($C_{З\ О}$) также определяется уровнем оснащенности диагностическим и технологическим оборудованием (U), т.е.

$$C_{з0} = f(U). \quad (7)$$

В то же время потери $П_О$ транспортной работы АТС, возникающие вследствие отказа ГСП, приводящего к невозможности выполнения транспортной работы АТС и, в ряде случаев, к снижению уровня их безопасности в эксплуатации, зависят от уровня значимости α отказов и их последствий для клиентуры (потери времени, потери транспортной работы, снижение безопасности эксплуатации ГСП), т.е.

$$П_0 = f(\alpha). \quad (8)$$

Решение уравнения (2) относительно L_k, после несложных преобразований, позволяет определить моменты проведения проверок (контроля технического состояния), выраженные через накопленные значения наработок элементов ГСП, т.е. для значения пробега АТС на k-й контроль (проверку) технического состояния можно записать:

$$L_k = \frac{kL_{зад}}{n} + k(n-k)\frac{S_П}{2(S_0 / P_П)}, \ k = (\overline{1,\ n}), \quad (9)$$

где n – число проверок (контролей технического состояния элемента ГСП) за срок его службы; k – порядковый номер проверки технического состояния ГСП; $P_П$ – вероятность обнаружения отказа при проверке технического состояния элементов ГСП.

При этом в процессе формирования последовательности проверок (контроля технического состояния) $\{L_k\}$ с учетом роста накопленных пробегов и возможного снижения уровня надежности элементов ГСП с ЭСУД должно выполняться условие:

$$n(n-1) \le \frac{2L_{зад}(S_0 / P_П)}{S_П}. \quad (10)$$

В выражении (10) n выбирается как наибольшее целое число, после чего уже окончательно, формируется массив пробегов $\{L_k\}$, т.е. $L_1 < L_2 < \ldots < L_k < \ldots L_n$, характеризующий накопленные значения наработок на случай контроля (проверок) технического состояния согласно выражению (9).

На рис. 3, 4, 5 в общем виде представлен характер изменения:

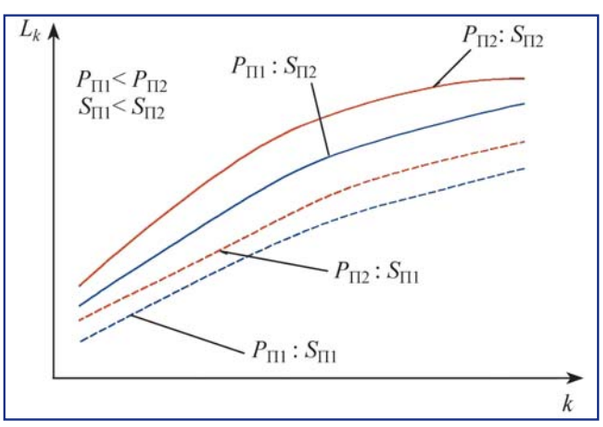


Рис. 3. *Характер изменения накопленных значений наработок L_k на случай контроля (проверок) технического состояния*

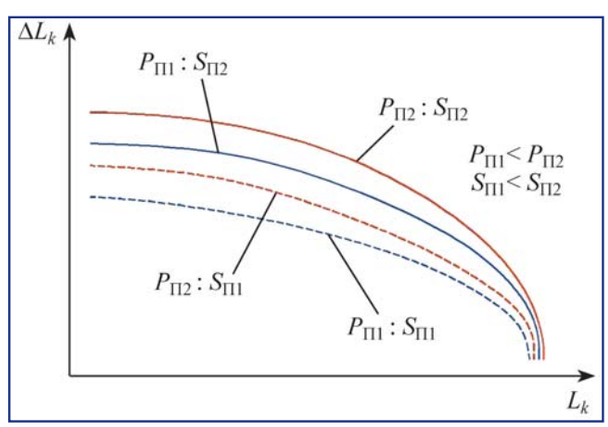


Рис. 4. *Изменение периодичности контроля технического состояния ΔL_k элементов в зависимости от накопленных значений наработок L_k на момент контроля состояния ГСП*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 ª. 13:20:58

Color profile: Disabled
Composite Default screen

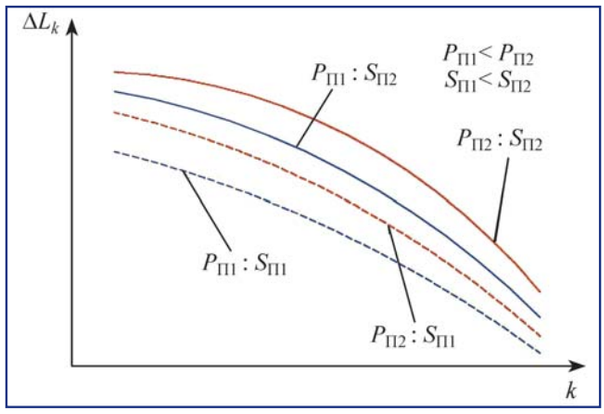


Рис. 5. *Изменение периодичности контроля технического состояния ΔL_k в зависимости от порядкового номера k проверки ГСП*

накопленных значений наработок L_k на случай контроля (проверок) технического состояния как функция $L_k = f(k)$;

периодичности ΔL_k контроля технического состояния элементов ГСП в зависимости от накопленных значений наработок L_k на случай контроля;

периодичности ΔL_k в зависимости от порядкового номера k проверки технического состояния ГСП.

Отмеченные, в качестве примера, графические зависимости принципиально отражают прогнозное изменение рассматриваемых характеристик L_k, ΔL_k при различных вероятностях обнаружения отказов $P_{П\,i}$ (определяемых точностью постановки диагноза о техническом состоянии на основе использования соответствующего оборудования, т.е. уровнем оснащенности и технологий U) и различных затратах $S_{П\,i}$ на контроль технического состояния ГСП (определяемых квалификацией как персонала K, так и уровнем оснащенности U одновременно).

При этом для периодичности ΔL_k можно записать:

$$\Delta L_k = L_k - L_{k-1}. \qquad (11)$$

Проведенные теоретические исследования в рамках представленных подходов и принципов позволяют целенаправленно подойти к формированию гибких режимов обслуживания элементов ГСП, обеспечивающих учет роста накопленных пробегов АТС, их старения, квалификации персонала, используемых технологий и оборудования, производительности автомобилей и, соответственно, уровня доходности перевозок, состояния экономики (выражаемой через инфляционные ожидания и ставки рефинансирования) и других показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Банковский Алексей.** Обзор российского рынка впрысковых газотопливных систем 4-го поколения для инжекторных автомобилей // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2006. № 5. С. 45–49.

2. **Зенченко В.А., Григорьев М.В.** Режимы обслуживания электронных систем управления двигателем // Автотранспортное предприятие. 2004. № 8. С. 16–22.

3. **Зенченко В.А.** Методика формирования рациональных режимов обслуживания элементов автотранспортных средств новых моделей на начальной стадии их освоения // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (Государственного технического университета). Вып. 7, Москва, 2006. С. 15–22.

4. **Ким А.А., Коротков М.В.** ОАО "Газпром газэнергосеть": стратегия развития региональных газомоторных рынков // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. № 1. С. 40–43.

5. **Кубарев А.И.** Надежность в машиностроении. М.: Изд-во Стандартов, 1989. 224 с.

6. **Постановление** Правительства Москвы №170 "О городской целевой программе использования альтернативных видов моторного топлива". Принят 12 марта 2002 г.

7. **Постановление** Правительства Москвы от 24 апреля 2007 г. №290-ПП "О расширении применения диметилового эфира и других альтернативных видов моторного топлива".

8. **Приходько Максим.** План Б // За рулем. 2011. № 6. С. 208–209.

9. **Проблемы** и методы обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса Московского региона // Под общ. редакцией Е.С. Кузнецова и Г.И. Маршалкина. Учебное пособие МАДИ (ГТУ). М., 1998. 147 с.

10. **Рынок** газомоторного топлива России: перспективы развития // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2011. № 1. С. 40–61.

11. **Сосницкий Владимир.** Сжиженный углеводородный газ – альтернативное моторное топливо // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2009. № 2. С. 21–22.

12. **Фролов Александр.** России требуется альтернативное моторное топливо // Российская газета. 2011. № 5448 (72) от 06.04.2011

13. **Яжиньски Гжегож**. Четыре поколения газового оборудования автомобилей фирмы "ELPIGAZ" // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2003. № 6. С. 25–27.

14. **Automotive** liquefied petroleum gas – technical reference paper. Bas Hollemans, Tim Dean. The world LPG Association, 2nd edition, June 1996.

15. **Clearing** the Air, A Technical Guide on Autogas. Emissions, Test Methods, Standards and Technology. World LP Gas Association's Global Autogas Industry Network (GAIN), 2002, 61 p.

16. **LPG exceptional** energy/ International Systems and communications limited // September 2009 / worldlpgas.com.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 °. 13:21:02

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 621.436

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И МЕТИЛОВОГО ЭФИРА РАПСОВОГО МАСЛА

Л.В. Грехов, д-р техн. наук, **В.А. Марков,** д-р техн. наук (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
С.Н. Девянин, д-р техн. наук, **Л.И. Быковская,** аспирант (МГАУ им. В.П. Горячкина)

Проведен анализ физико-химических свойств дизельного топлива, рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и их смесей различного состава. Приведены результаты расчетных исследований процесса топливоподачи дизеля типа Д-245.12С малотоннажного грузового автомобиля, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла. Показана необходимость адаптации дизельного двигателя к работе на смесевых биотопливах.

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, рапсовое масло, метиловый эфир рапсового масла, смесевое биотопливо.

RESEARCH ON FUEL SUPPLY PROCESS OF DIESEL ENGINE RUNNING ON DIESEL FUEL AND RAPESEED OIL METHYL ESTER MIXTURES

Grekhov L.V., D. Sc. (Eng.), professor of "Reciprocating Engines" depart-ment of the Bauman Moscow State Technical University, **Markov V.A.,** D. Sc. (Eng.), professor of "Heat Physics" department of the Bauman Moscow State Technical University, **Devyanin S.N.,** D. Sc. (Eng.), head of "Tractors and Automobiles" depart-ment of the Moscow State University for Agriculture and Engineering n.a. V.P. Goryachkin, **Bykovskaja L.I.,** Post-graduate of "Tractors and Automobiles" department of the Moscow State University for Agriculture and Engineering n.a. V.P. Goryachkin

The investigation of physicochemical properties of diesel fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester and mixtures of their various compositions is carried out. The results of calculated fuel supply process research of vehicle diesel engine (type D-245.12S) of a small tonnage truck running on diesel fuel and rapeseed oil methyl ester mixtures are introduced.The necessity to adapt diesel engines to work on mixed biofuels is emphasized.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester, mixed biofuel.

Одной из наиболее актуальных проблем современного двигателестроения является проблема поиска моторных топлив, которые смогут успешно заменить традиционные бензин и дизельное топливо. Это обусловлено как постепенным истощением нефтяных месторождений, так и непрерывным повышением цен на нефть и нефтепродукты. По пессимистичным прогнозам, организации стран – экспортеров нефти (ОПЕК) запасы нефти в промышленно развитых странах иссякнут уже в ближайшем будущем. В России разведанных запасов нефти хватит до 2025–2030 гг., а запасов газа – до 2085–2095 гг. [1]. Мировые цены на нефть практически непрерывно повышаются, и прогнозируется их дальнейший рост. В этих условиях использование в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве, других секторах экономики России топлив ненефтяного происхождения (альтернативных топлив) становится не только необходимым, но и экономически оправданным.

В последние годы повышенный интерес проявляется к топливам, получаемым из возобновляемых энергетических ресурсов растительного происхождения, сырьевые запасы которых практически неограничены. В первую очередь – это биотоплива, производимые из растительных масел [2].

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:03

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Цена этих топлив соизмерима с ценой топлив нефтяного происхождения, а в ряде случаев – даже ниже цен на традиционные моторные топлива.

Применительно к условиям европейской части России наиболее перспективными представляются топлива на основе рапсового масла. Рапс отличается сравнительно неплохой урожайностью и с агрономической точки зрения рапс является желательной культурой для улучшения севооборота (он улучшает структуру и плодородие почвы). Получаемый при отжиме растительных масел жмых (шрот) является ценным белковым продуктом, который может быть использован для откорма крупного рогатого скота и других животных. С одного гектара посевов рапса можно получить до 3 т маслосемян (до 1 т рапсового масла), до 3,5 т соломы, до 2 т жмыха [2].

Использование биотоплив на базе рапсового масла позволит не только заместить нефтяные моторные топлива альтернативными, но и улучшить показатели токсичности отработавших газов (ОГ). При работе дизельных двигателей на биотопливах, как правило, отмечается заметное уменьшение эмиссии токсичных компонентов ОГ. В первую очередь это относится к дымности ОГ и выбросам других продуктов неполного сгорания топлива, которые при использовании биотоплив снижаются в 1,5–2 раза [2]. Кроме того, использование топлив растительного происхождения обеспечивает кругооборот углекислого газа в атмосфере, поскольку при сжигании биотоплив в двигателях внутреннего сгорания в атмосферу выбрасывается примерно такое же количество углекислого газа, которое поглощается в процессе выращивания сырья для производства биотоплива. Это приводит к уменьшению выброса в атмосферу парниковых газов, и предотвращению парникового эффекта.

Следует отметить, что по своим физико-химическим свойствам биотоплива ближе к дизельным топливам, чем к бензинам: они имеют сравнительно высокие плотность и вязкость, плохую испаряемость. Поэтому их использование возможно лишь в дизельных двигателях, отличающихся меньшей чувствительностью к свойствам применяемого топлива. К тому же, дизельные двигатели, работающие с большой степенью сжатия и повышенными значениями коэффициента избытка воздуха, характеризуются лучшими показателями топливной экономичности и токсичности ОГ [3].

Вместе с тем, биотоплива имеют физико-химические свойства, отличающиеся от свойств традиционного нефтяного дизельного топлива (ДТ). Поэтому при переводе двигателей, изначально адаптированных к работе на дизельном топливе, на биотоплива, возникает ряд проблем, связанных с организацией рабочих процессов, в первую очередь – процессов топливоподачи, распыливания топлива, смесеобразования и сгорания. При этом возможно нарушение исходных регулировок двигателя, ухудшение ряда эксплуатационных показателей дизельных двигателей, увеличение износа деталей двигателей и уменьшение ресурса их работы. Поэтому для централизованного снабжения городского автотранспорта топливом в наибольшей степени пригодны сложные эфиры растительных масел, являющиеся продуктами реакции этерификации – реакции взаимодействия жирных кислот растительных масел со спиртами. Возможно производство из растительных масел различных сложных эфиров – метилового, этилового, пропилового, бутилового [2].

Наибольшее распространение в качестве моторного топлива получил метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Это обусловлено, в первую очередь, меньшей себестоимостью получения этого эфира по сравнению с этиловым и бутиловым эфирами. Следует также отметить, что по своим свойствам МЭРМ отличается от свойств рапсового масла (РМ) и приближается к свойствам нефтяного дизельного топлива. Еще большее приближение к свойствам нефтяного ДТ достигается при использовании смесей ДТ с РМ или МЭРМ. Физико-химические свойства некоторых из этих топлив приведены в табл. 1 [2].

Вместе с тем, смеси ДТ с МЭРМ все-таки имеют повышенные по сравнению с чистым дизельным топливом плотность, вязкость и поверхностное натяжение. Это приводит к увеличению дальнобойности топливной струи, попаданию части топлива на стенки камеры сгорания (КС) и уменьшению доли объемного смесеобразования. При этом уменьшается угол раскрытия топливного факела и увеличивается средний диаметр капель распыливаемого топлива. Из-за меньшей сжимаемости этого масла увеличивается максимальное давление впрыскивания. Действительный момент начала впрыскивания топлива смещается при этом в сторону увеличения угла опережения впрыскивания топлива. Все эти факторы свидетельствуют о необходимости проведения углубленных исследований процесса топливоподачи в дизеле при его работе на РМ и его смесях с ДТ. Такое расчетное исследование проведено с использованием программного комплекса "Впрыск", разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана [3–6]. Этот программный комплекс предназначен для расчетного анализа процесса топливоподачи и оптимизации топливных систем различных схем. Комплекс состоит из блока сервисных программ для работы с исходными данными, генерирования схемы топливной

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 °. 13:21:03

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 1

Физико-химические свойства дизельного топлива, рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и их смесей

Свойства	Топливо								
	ДТ	РМ	МЭРМ	80 %ДТ + + 20 %РМ	60 %ДТ + + 40 %РМ	40 %ДТ + + 60 %РМ	80 %ДТ + + 20 %МЭРМ	60 %ДТ + + 40 %МЭРМ	40 %ДТ + + 60 %МЭРМ
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830	916	877	848	865	882	839	848	858
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с	3,8	75,0	8,0	9,0	19,0	30,0	4,4	5,2	6,0
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	42,5	37,3	37,8	41,5	40,4	39,4	41,5	40,5	39,6
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12,5	12,6	14,0	13,6	13,2	14,0	13,6	13,3
Содержание, % по массе:									
С	87,0	77,0	77,6	85,0	83,0	81,0	85,1	83,2	81,4
Н	12,6	12,0	12,2	12,5	12,4	12,2	12,5	12,4	12,3
О	0,4	11,0	10,2	2,5	4,6	6,8	2,4	4,4	6,3

системы, хранения и анализа выводимой информации и из блока расчетных программ. Программный комплекс "Впрыск" апробирован на топливных системах большинства отечественных дизелей, используется на предприятиях и адаптирован к удаленному пользованию в любой стране мира через сеть Internet.

Расчетное ядро комплекса постоянно совершенствуется, в основном, в двух направлениях: повышения точности и скорости счета и расширения возможностей комплекса в актуальных направлениях развития топливных систем. Так, введен расчет электрических процессов в исполнительных устройствах систем с электронным управлением, расчет многофазного впрыскивания, процессов в линии низкого давления систем с клапанным управлением, переходных процессов, крутильных колебаний в приводах топливного насоса высокого давления (ТНВД), использования альтернативных и нетрадиционных топлив и др.

Для описания одномерного нестационарного теплоизолированного движения вязкой сжимаемой жидкости в трубопроводах могут использоваться аналитическое решение Д'Аламбера с поправкой Т.Ф. Кузнецова на диссипацию, простой сеточный метод с явной численной схемой, линеаризованный метод С.К. Годунова [3, 4]. Как показывает опыт, для большинства топливных систем автотракторных дизелей оправдано использование аналитического решения, имеющее преимущества в большей скорости счета, устойчивости, в том числе устойчивости решения сопряженных уравнений граничных условий.

При определении упругих свойств топлив в полостях ограниченного объема решаются уравнения связи давления и плотности [3, 7]. Они заменяют более привычные эмпирические выражения для коэффициента сжимаемости (эквивалента уравнения состояния), хотя также базируются на эмпирической информации. Такой прием обеспечивает большую универсальность в отношении исходных дифференциальных уравнений, записываемых для трубопроводов и полостей, большую скорость счета и универсальность в отношении смесей различных топлив, газожидкостных состояний топлив [3, 7].

В частности, для оценки сжимаемости исследуемых биотоплив использовалась обработка экспериментальных результатов исследований различных авторов [8–10]. Математическая модель

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:03

Color profile: Disabled
Composite Default screen

учитывает деформацию полостей топливной системы, трубопроводов, деталей привода ТНВД, а также утечки, изменение коэффициентов расхода в зависимости от режимов течения и геометрии проточной части, наличие газовой фазы в локальных нестационарных условиях, диссипацию энергии в результате трения и другие имеющие значение явления.

Объектом проведенных расчетных и экспериментальных исследований являлась система топливоподачи дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) производства Минского моторного завода. Основные исходные данные для расчета параметров процесса топливоподачи приведены в табл. 2.

Результаты численных экспериментов были представлены в виде диаграмм изменения давления топлива в надплунжерной полости ТНВД, в трубопроводе высокого давления (в точках расположения датчиков давления 1 и 2, см. табл. 2), в кармане распылителя форсунки, давление впрыскивания по углу поворота кулачкового вала ТНВД. В качестве примера на рис. 1 представлены диаграммы изменения этих давлений, полученных при работе исследуемой топливной системы на ДТ на режиме с частотой вращения кулачкового вала ТНВД $n_{тн} = 1200$ мин$^{-1}$ и цикловой подачей $g_ц = 0{,}067$ г.

Расчетные интегральные характеристики процесса топливоподачи, полученные для исследуемой топливной системы, работающей на ДТ на режиме с $n_{тн} = 1200$ мин$^{-1}$ и $g_ц = 0{,}067$ г, сведены в табл. 3. Так, исследуемая система на указанном режиме работы обеспечивает максимальное давление впрыскивания $p_{впр\ max} = 49{,}5$ МПа при среднем

Таблица 2

Исходные данные при исследовании ТПА дизеля Д-245.12С

№	Параметр топливной системы, размерность	Значение	№	Параметр топливной системы, размерность	Значение
Параметры плунжерной пары			13	Число сопловых отверстий i_c	5
1	Диаметр плунжера, мм	10,00	14	Диаметр (равных) сопловых отверстий d_c, мм	0,340
2	Подъем плунжера до начала закрытия впускного окна, мм	0,00	15	Коэффициент расхода сопел при впрыске в атмосферу	0,690
3	Давление подкачки топлива, МПа	0,200	16	Диаметр предсоплового канала, мм	1,00
4	Мертвый объем надплунжерной полости, мм^3	338,0	**Параметры полостей и трубопроводов**		
Параметры нагнетательного клапана			17	Объем входной полости форсунки (штуцера), мм^3	385,00
5	Разгружающий ход клапана, мм	2,00	18	Объем штуцера ТНВД или аккумулятора, мм^3	860,00
6	Диаметр клапана, мм	7,00	19	Внутренний диаметр нагнетательного трубопровода, мм	2,00
7	Максимальный ход клапана, мм	7,30	20	Внешний диаметр нагнетательного трубопровода, мм	7,00
8	Давление открытия клапана (на проток), МПа	1,13	21	Эффективная длина нагнетательного трубопровода, мм	790,00
Параметры форсунки (нормальная закрытая форсунка)			22	Внутренний диаметр канала в корпусе форсунки, мм	2,17
9	Сопла выходят на запорный конус		23	Эффективная длина этого канала, мм	95,00
10	Диаметр иглы, мм	5,000	24	Объем кармана распылителя, мм^3	45,00
11	Максимальный ход иглы, мм	0,300	25	Удаление датчика № 1 давления в трубопроводе от ТНВД, мм	30,00
12	Давление начала впрыскивания, МПа	22,00	26	Удаление датчика № 2 давления в трубопроводе от ТНВД, мм	750,00

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:04

Color profile: Disabled
Composite Default screen

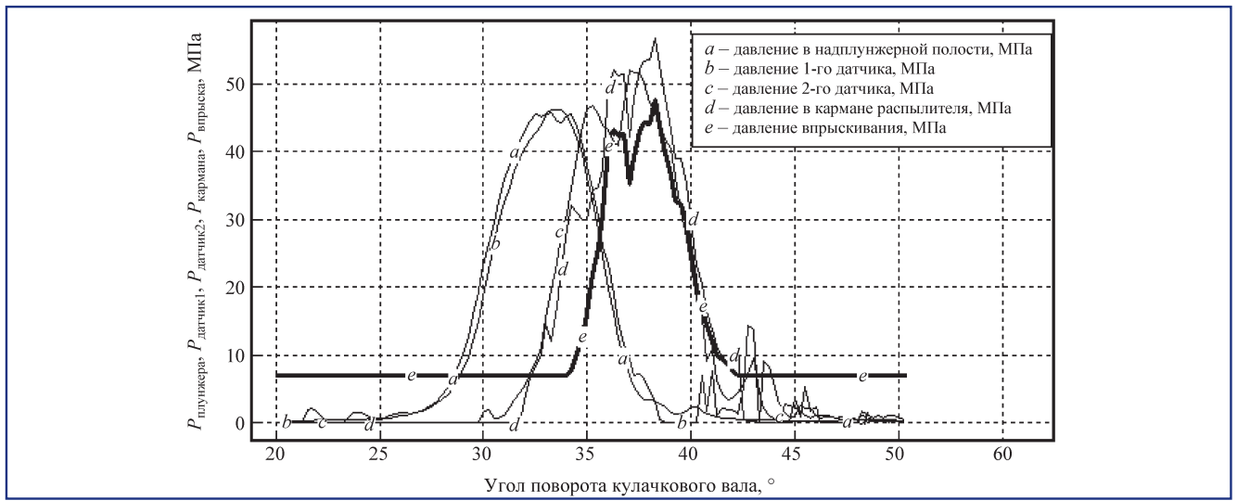


Рис. 1. *Изменение давления топлива в надплунжерной полости ТНВД, в трубопроводе высокого давления (датчики 1 и 2), в кармане распылителя и давление впрыскивания по углу поворота кулачкового вала ТНВД при работе на ДТ при $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $g_ц$ = 0,067 г*

Таблица 3

Интегральные характеристики процесса топливоподачи при работе на ДТ на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $g_ц$ = 0,067 г

Параметр, размерность	Обозначение	Значение
Действительная цикловая подача, г	$g_ц$	0,06758
Активный ход плунжера, мм	$h_{пл\ ак}$	1,033
Максимальная скорость плунжера, м/с	$C_{пл\ max}$	2,220
Максимальное давление топлива над плунжером, МПа	$p_{пл\ max}$	46,35
Коэффициент подачи системы	$k_{под}$	1,017
Максимальное контактное напряжение на кулачке, МПа	$\sigma_{конт}$	1171,0
Максимальный момент на кулачковом валу ТНВД, Нм	$M_{кул\ max}$	61,48
Максимальное давление топлива перед форсункой, МПа	$p_{фор\ max}$	54,55
Максимальное давление топлива в кармане распылителя, МПа	$p_{кар\ max}$	59,56
Максимальное давление впрыскивания, МПа	$p_{впр\ max}$	49,48
Среднее давление впрыскивания, МПа	$p_{впр\ ср}$	26,93
Максимальное давление первого датчика, МПа	$p_{дат1\ max}$	46,02
Максимальное давление второго датчика, МПа	$p_{дат2\ max}$	52,76
Средневзвешенный Заутеровский диаметр капель, мкм	d_{32}	26,35
Продолжительность подачи геометрическая, град.	$\varphi_{впр\ геом}$	3,650
Действительное время собственно впрыскивания, град.	$\varphi_{впр\ действ}$	8,370
Угол начала подачи геометрический, град.	$\varphi_{нач\ геом}$	30,00
Угол начала подачи действительный, град.	$\varphi_{нач\ действ}$	33,90
Остаточное давление в линии высокого давления, МПа	$p_{остаточ}$	0,0014
Остаточный объем газов в линии высокого давления, %	$V_{остаточ}$	0,2077

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:04

Color profile: Disabled
Composite Default screen

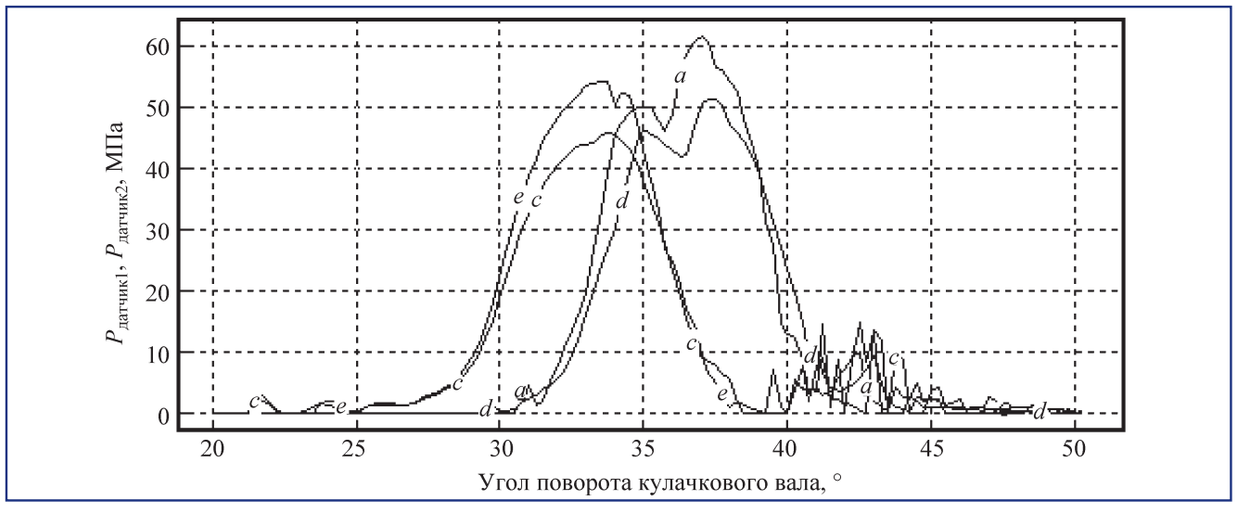


Рис. 2. *Изменение давления топлива в трубопроводе высокого давления – у датчиков 1 (e, c) и 2 (a, d) по углу поворота кулачкового вала при использовании ДТ (c, d) и МЭРМ (e, a) на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

давлении впрыскивания $p_{впр\ ср}$ = 26,9 МПа и действительной продолжительности впрыскивания $\varphi_{впр\ действ}$ = 8,37° поворота кулачкового вала ТНВД.

Полученные расчетные результаты хорошо совпадают с экспериментальными данными исследовательских работ и заводских испытаний [3, 11].

Для сравнительного анализа показателей процесса топливоподачи дизеля, работающего на биотопливах, были проведены расчеты этого процесса при работе на ДТ, МЭРМ и смесях ДТ и МЭРМ различного состава. Указанные выше отличия физико-химических свойств МЭРМ оказывают определенное влияние на протекание процесса топливоподачи дизельного двигателя, работающего на смесях ДТ и МЭРМ.

Расчетное исследование процесса топливоподачи с использованием выше программного комплекса "Впрыск" проведено при использовании в качестве моторного топлива смесей нефтяного дизельного топлива (ДТ) и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). При этом объемная концентрация МЭРМ в дизельном топливе $C_{МЭРМ}$ изменялась от нуля (работа на чистом ДТ) до 100 % (работа на чистом МЭРМ). Как указано выше, объектом проведенных расчетных исследований являлась система топливоподачи дизеля Д-245.12С. Исследован режим работы с частотой вращения кулачкового вала ТНВД $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и цикловой подачей $g_ц$ = 0,067 г (при использовании дизельного топлива). Активный ход плунжера $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм был постоянным и не изменялся при смене исследуемого топлива. Это соответствует неизменному положению дозирующей рейки ТНВД на упоре максимальной подачи топлива. Исходные данные для расчета параметров процесса топливоподачи приведены в табл. 2.

В результате расчетных исследований получены диаграммы изменения давления топлива по углу поворота кулачкового вала ТНВД в различных точках линии высокого давления для двух чистых топлив (ДТ и МЭРМ). На рис. 2 представлены указанные диаграммы для двух точек – в начале и в конце трубопровода высокого давления (в точках расположения датчиков давления 1 и 2, см. табл. 2). По полученным диаграммам следует отметить тенденцию роста максимальных давлений в нагнетательном топливопроводе с увеличением содержания МЭРМ в смесевом биотопливе $C_{МЭРМ}$. Так, при переходе от ДТ к МЭРМ давление топлива у датчика 1 возросло с 46 до 54 МПа, а у датчика 2 – с 51 до 61 МПа.

При анализе процессов распыливания топлива и смесеобразования наибольший интерес представляют диаграммы изменения давления впрыскивания (давления топлива перед распыливающими отверстиями форсунки, т.е. давления в подыгольной полости распылителя) по углу поворота кулачкового вала. Полученные при расчете диаграммы изменения давления впрыскивания на режиме с $n_{тн}$=1200 мин$^{-1}$ при неизменном активном ходе плунжера $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм и использовании ДТ и МЭРМ приведены на рис. 3. Анализ полученных расчетных данных показывает, что на исследуемом режиме максимальное давление впрыскивания нефтяного ДТ составило около 49,5 МПа, а МЭРМ – примерно 53,5 МПа.

Указанные выше различия физических свойств исследуемых топлив и давлений топлива в процессе топливоподачи отражаются и на характеристи-

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:05

Color profile: Disabled
Composite Default screen

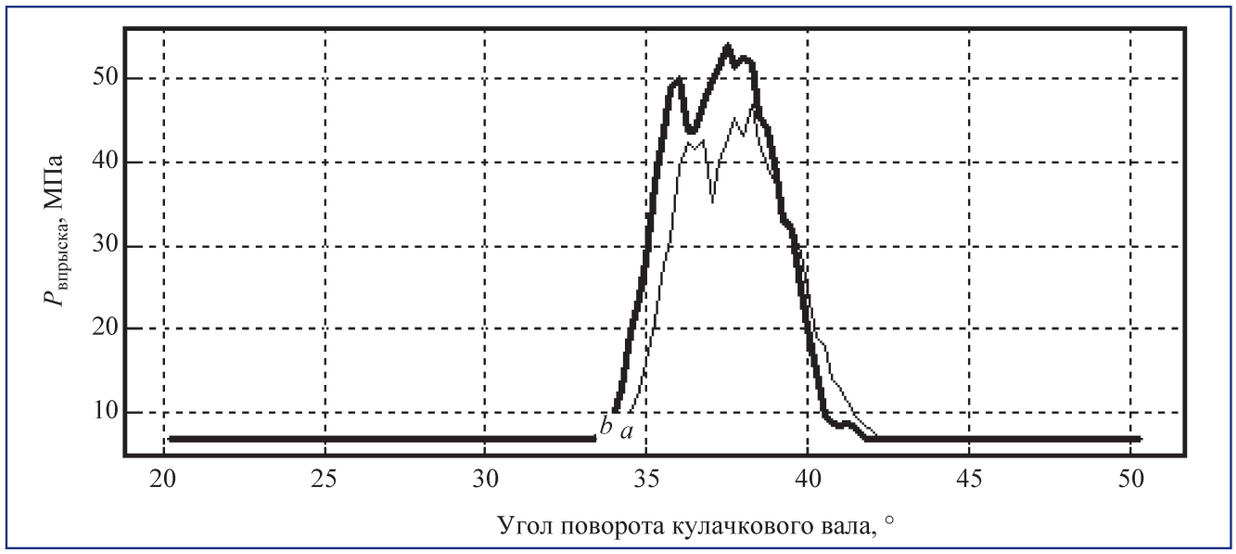


Рис. 3. *Изменение давления впрыскивания по углу поворота кулачкового вала при использовании в качестве топлива ДТ (тонкая линия) и МЭРМ (толстая линия) на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

ках впрыскивания (законах подачи) и, в итоге, на цикловых подачах топлива. Представленная на рис. 4 характеристика объемной цикловой подачи топлива $q_ц$ показывает, что при неизменном активном ходе плунжера $h_{пл}$ по мере увеличения содержания МЭРМ в смеси с нефтяным дизельным топливом $C_{МЭРМ}$ объемная цикловая подача $q_ц$ непрерывно возрастает. Если при работе дизеля на исследуемом режиме на ДТ ($C_{МЭРМ}$ = 0) объемная цикловая подача топлива составила $q_ц$ = 81,7 мм^3, то при переходе на работу с МЭРМ ($C_{МЭРМ}$ = 100 %) эта цикловая подача возросла до $q_ц$ = 84,0 мм^3. Такой рост цикловой подачи обусловлен, в основном, снижением сжимаемости МЭРМ по отношению к сжимаемости нефтяного ДТ.

Указанная зависимость цикловой подачи от состава смесевого биотоплива характерна и для массовых цикловых подач исследуемых смесей. При этом зависимость массовой цикловой подачи от содержания МЭРМ в смеси с нефтяным дизельным топливом $C_{МЭРМ}$ более выражена, по сравнению с объемной цикловой подачей. Это обусловлено тем, что объемная цикловая подача определяется коэффициентом подачи ТНВД, т.е. отношением действительного объема подаваемого топлива к объему топлива, которое могло бы быть пода-

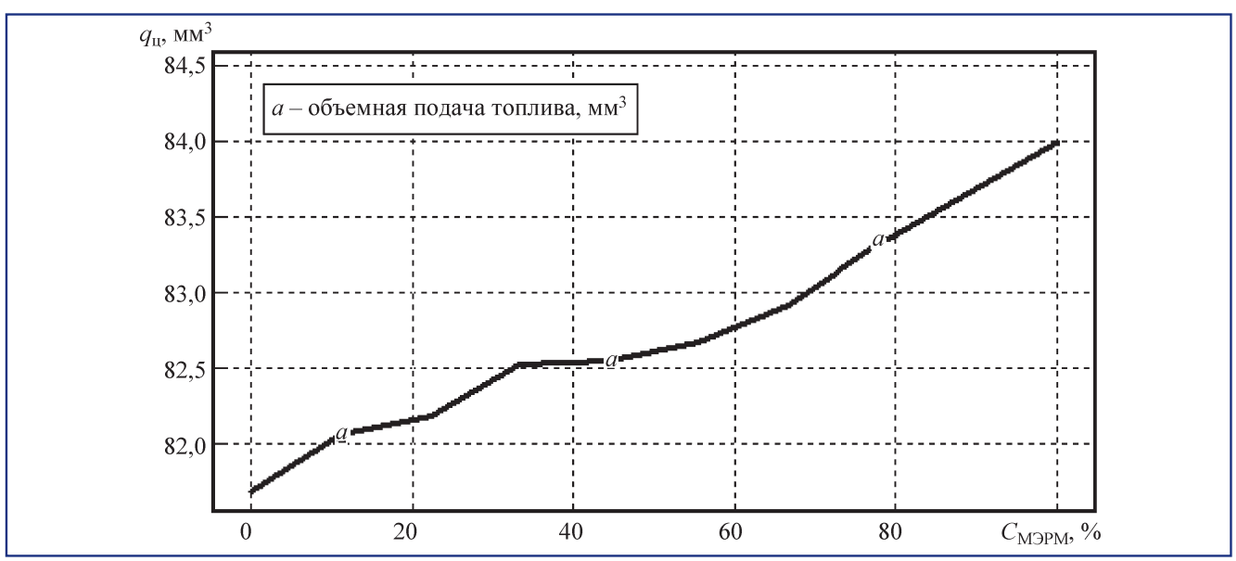


Рис. 4. *Зависимость объемной цикловой подачи топлива от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:06

Color profile: Disabled
Composite Default screen

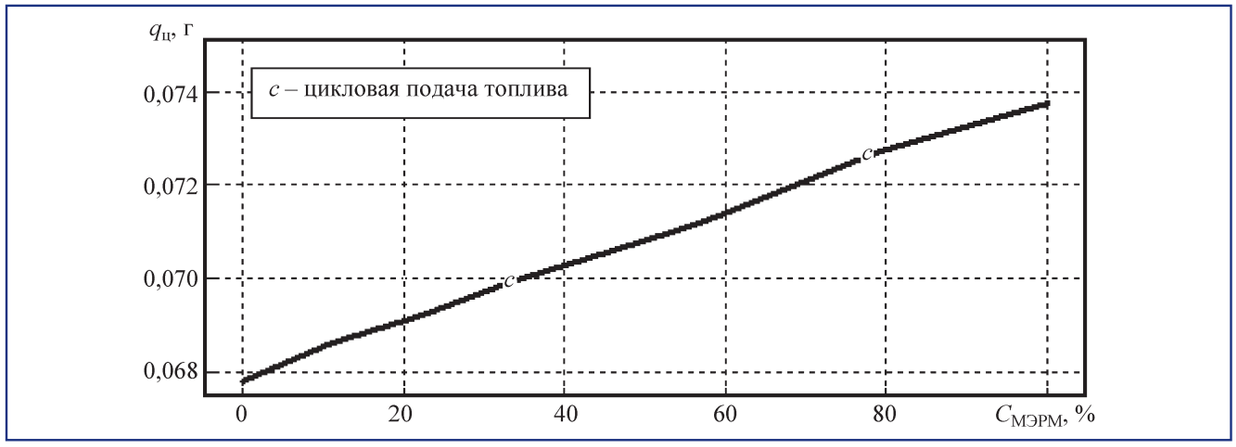


Рис. 5. *Зависимость массовой цикловой подачи топлива от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

но в случае работы с несжимаемой жидкостью при отсутствии утечек топлива. Таким образом, этот коэффициент зависит от сжимаемости топлива, а также от его вязкости. При этом массовая цикловая подача определяяется не только коэффициентом подачи, а еще и плотностью топлива, поскольку равные объемы жидкостей с разной плотностью имеют разные массы. В частности, при одинаковой объемной цикловой подаче ДТ и МЭРМ массовая цикловая подача эфира будет приблизительно на 6 % больше массовой цикловой подачи дизельного топлива (плотность МЭРМ примерно на 6 % больше плотности ДТ). Зависимость массовой цикловой подачи смесевых биотоплива $g_ц$ от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе $C_{МЭРМ}$ может быть оценена с использованием данных рис. 5. Эти данные свидетельствуют о том, что при переходе с ДТ на МЭРМ массовая цикловая подача топлива $g_ц$ увеличилась с 67,6 до 73,7 мг, т.е. примерно на 10,0 %.

С ростом содержания МЭРМ в смесевом биотопливе $C_{МЭРМ}$ отмечено не только увеличение количества подаваемого топлива, но и изменение фаз топливоподачи. В частности, рост доли МЭРМ в смеси $C_{МЭРМ}$ сопровождался уменьшением действительного угла начала подачи топлива, т.е. впрыскивание начиналось раньше (см. рис. 3). В частности, при работе дизеля на исследуемом режиме на ДТ начало впрыскивания соответствовало угловому положению кулачкового вала 33,6°, а при переходе на МЭРМ этот угол становился равным 33,0° (рис. 6).

Важными параметрами, характеризующими процесс топливоподачи и оказывающими значительное влияние на протекание последующих процессов распыливания топлива и смесеобразова-

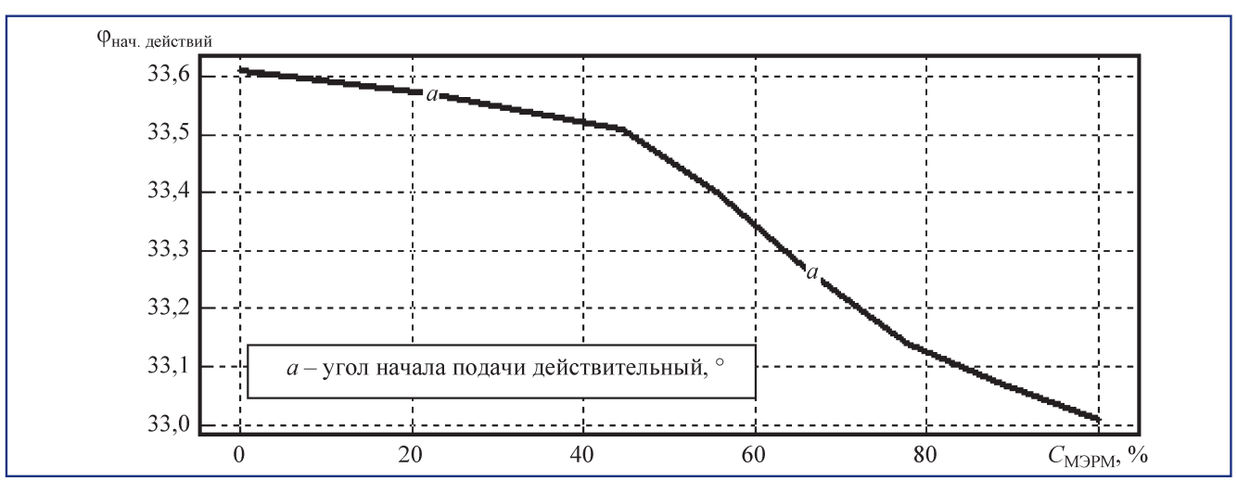


Рис. 6. *Зависимость действительного угла начала подачи от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:06

Color profile: Disabled
Composite Default screen

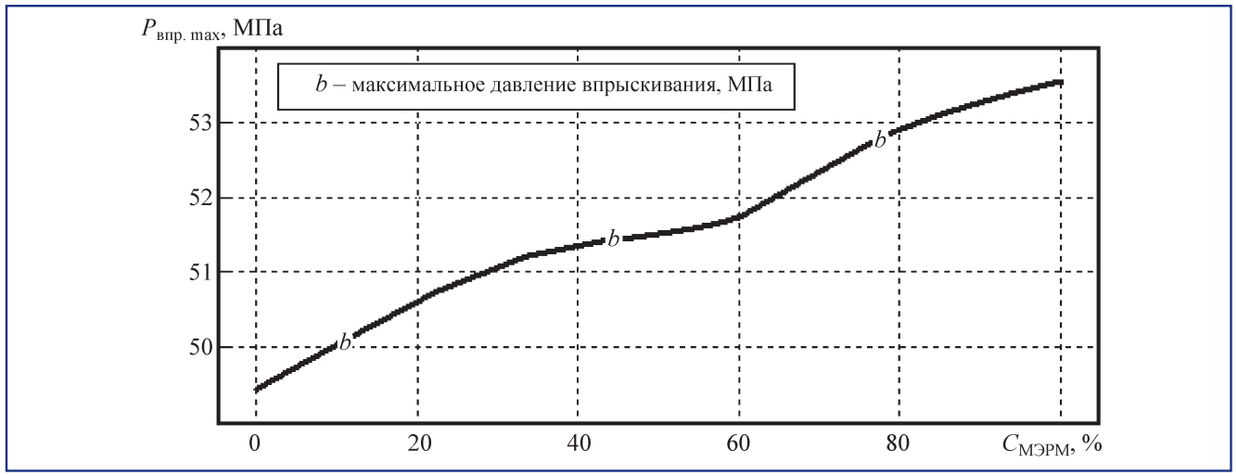


Рис. 7. *Зависимость максимального давления впрыскивания топлива от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

ния, являются максимальное и среднее давления впрыскивания топлива (давления перед распыливающими отверстиями форсунок). Эти давления характеризуют интенсивность процесса топливоподачи и предопределяют такие важнейшие показатели, как длина струй распыливаемого топлива, их ширина, угол раскрытия струй, мелкость распыливания (диаметр капель распыливаемого топлива). В литературных источниках чаще приводятся значения максимального давления впрыскивания. Эти значения легко определяются по экспериментально полученным или расчетным диаграммам изменения давлений в линии высокого давления по углу поворота кулачкового вала или по времени. По результатам анализа расчетных диаграмм давления впрыскивания получена характеристика среднего давления впрыскивания, представленная на рис. 7. Она свидетельствует о том, что с ростом содержания МЭРМ в смеси с нефтяным ДТ $C_{МЭРМ}$ максимальное давление впрыскивания увеличивалось. Так, в исследуемом дизеле на номинальном режиме его работы переход с дизельного топлива ($C_{МЭРМ}$ = 0) на МЭРМ ($C_{МЭРМ}$ = 100 %) сопровождался ростом максимального давления впрыскивания с 49,5 до 53,5 МПа.

Среднее давление впрыскивания является важным параметром, характеризующим общую энергетику процесса впрыскивания. По полученным характеристикам среднего давления впрыскивания, представленным на рис. 8, следует отметить, что при увеличении содержания МЭРМ в смеси с нефтяным ДТ $C_{МЭРМ}$ рост максимального давления впрыскивания сопровождался увеличением и среднего давления впрыскивания. В соответствии

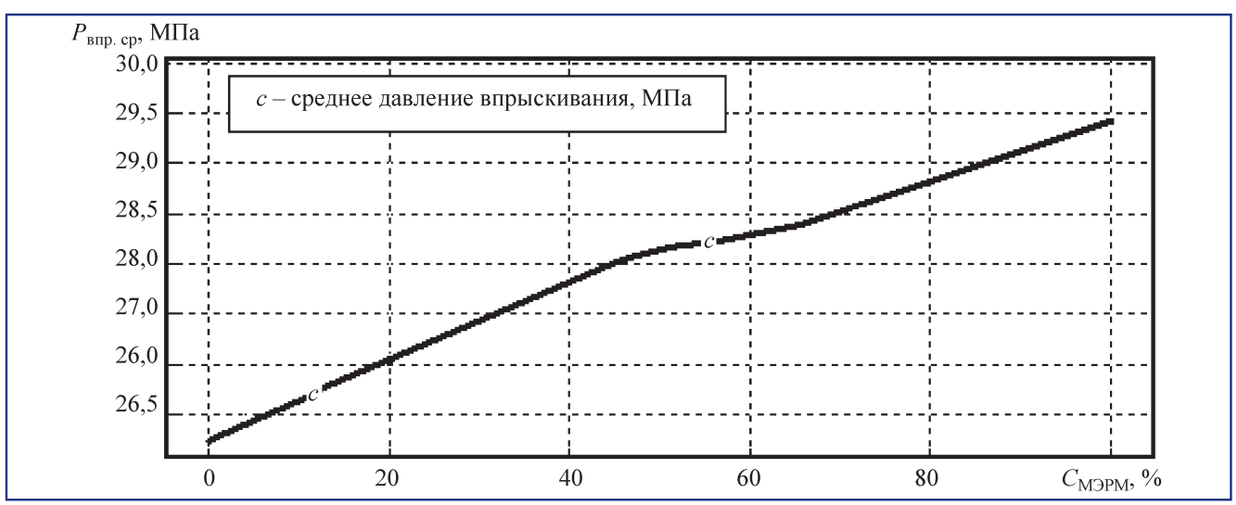


Рис. 8. *Зависимость среднего давления впрыскивания топлива от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:07

Color profile: Disabled
Composite Default screen

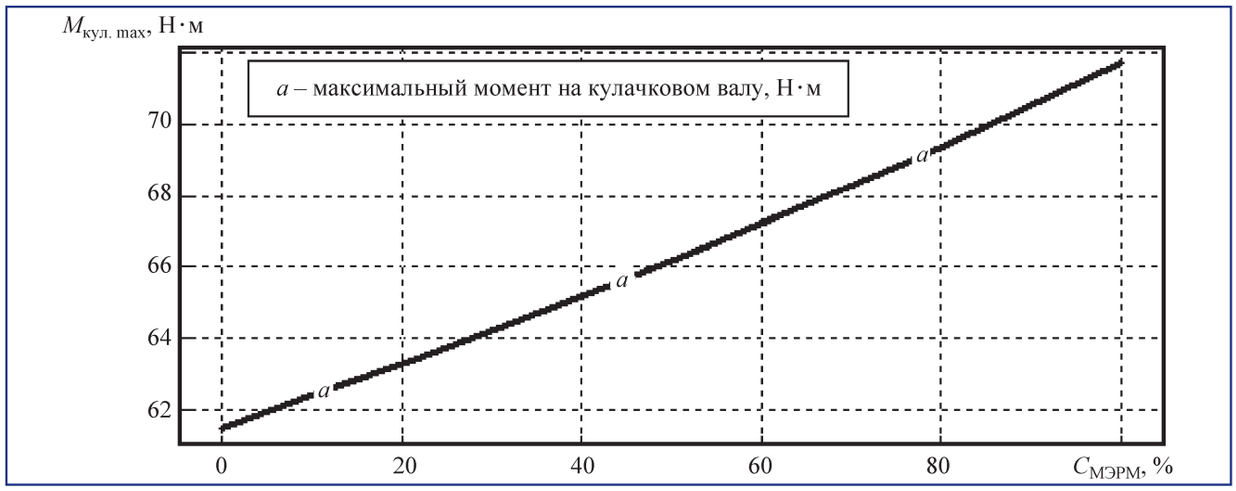


Рис. 9. *Зависимость максимального момента на кулачковом валу ТНВД от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе на режиме с $n_{тн}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $h_{пл\ ак}$ = 1,033 мм*

с представленной на рис. 8 характеристикой при переходе от ДТ к МЭРМ среднее давление впрыскивания увеличилось с 26,2 до 29,4 МПа.

Отмеченный рост максимальных и средних давлений в линии высокого давления при переходе от работы с нефтяным ДТ к работе на МЭРМ, связанный с ухудшением прокачиваемости МЭРМ с повышенной вязкостью через элементы системы топливоподачи, сопровождается повышение нагрузок на привод ТНВД. С ростом содержания МЭРМ в смесевом биотопливе от $C_{МЭРМ}$ = 0 (работа на ДТ) до $C_{МЭРМ}$ = 100 % (работа на МЭРМ) максимальный момент прокручивания кулачкового вала топливного насоса $M_{кул\ max}$ возрастал с 61,5 до 71,5 Нм (рис. 9).

Результаты проведенных расчетных исследований показали, что отличия физико-химических свойств исследованных смесевых биотоплив на основе растительных масел и их производных существенно сказываются на параметрах и характеристиках процесса топливоподачи. Проведенные расчетные исследования подтвердили, что при использовании в дизельном двигателе смесей нефтяного ДТ и МЭРМ необходимо совершенствование процесса топливоподачи дизеля в направлении не только совершенствования самой системы топливоподачи, но и совместной оптимизации элементов топливоподающей системы и КС дизеля, работающего на этих топливах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Альтернативные** топлива для двигателей внутреннего сгорания // А.А. Александров, И.А. Архаров, В.А. Марков и др. / Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. 791 с.

2. **Использование** растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях // В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов и др. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011. 536 с.

3. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: учебник для вузов. Второе издание. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. 344 с.

4. **Грехов Л.В.** Использование линеаризованного метода распада разрыва для расчета топливоподачи в дизелях // Автомобильные и тракторные двигатели: Межвуз. сб. науч. тр. МАМИ. 1999. Вып. 16. С. 81–87.

5. **Грехов Л.В., Марков В.А., Девянин С.Н.** Параметры процесса топливоподачи и показатели дизеля, работающего на смесевых биотопливах // Грузовик. 2009. № 7. С. 39–47.

6. **Грехов Л.В.** Уточненная математическая модель процесса подачи топлива в дизеле // Известия вузов. Машиностроение, 1997. № 10–12. С. 47–51.

7. **Иващенко Н.А., Вагнер В.А., Грехов Л.В.** Моделирование процессов топливоподачи и проектирование топливной аппаратуры дизелей. Барнаул. М.: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 2002. 166 с.

8. **Javanaud C., Rahalkar R.R.** Velocity of Sound in Vegetable Oils // Fett Wissenschaft Technologie = Fat Science Technology. 1988. Jg. 90. № 2. S. 73–75.

9. **Tat M.E., Van Gerpen J.H.** Effect of Temperature and Pressure on the Speed of Sound and Isentropic Bulk Modulus of Mixtures of Biodiesel and Diesel Fuel // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2003. Vol. 80. № 11. P. 1127–1130.

10. **Varde K.S.** Soy Oil Sprays and Effects on Engine Performance // Transactions of the ASAE. 1984. Vol. 27. № 2. P. 326–330, 336.

11. **Марков В.А., Девянин С.Н., Мальчук В.И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 360 с.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:08

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 621.436

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТОПЛИВ В ДИЗЕЛЯХ

В.А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, **С.Н. Девянин,** д-р техн. наук, МГАУ им. В.П. Горячкина, **Л.В. Спиридонова,** канд. техн. наук, МГУПП

Проведено сравнение эффективности применения различных альтернативных топлив в дизелях. Показаны преимущества использования в дизелях биотоплив, производимых на основе растительных масел.

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, альтернативное топливо, рапсовое масло, метиловый эфир рапсового масла, смесевое биотопливо.

PROSPECTS FOR THE USE OF BIOFUELS IN DIESEL ENGINES

Markov V.A., Devyanin S.N., Spiridonova L.V.

Comparative evaluation of efficiency of using various alternative fuels for diesel engines is carried out. Advantages of diesel engines application of biofuels pro-duced on the basis of vegetable oils are shown.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, alternative fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester, mixed biofuel.

Характерной особенностью развития топливно-энергетического комплекса России в последние годы являлся возрастающий спрос на нефтепродукты при незначительном приросте их выпуска. В частности, в период от 2008 до 2011 г. существенного прироста производства нефтяных моторных топлив не наблюдалось. За этот период выпуск дизельного топлива возрос лишь на 1,0 млн т (на 1,5 %), а бензина – на 0,4 млн т (на 1,1 %) [1]. Это обусловлено тем, что заметный рост потребления моторных топлив в частном секторе отчасти компенсировался некоторым снижением спроса на нефтепродукты в промышленности и сельском хозяйстве, вызванным обострившимся экономическим кризисом. Следует также отметить, что потребление дизельного топлива практически вдвое превышает потребление бензина.

В настоящее время основная часть моторных топлив производится из полезных ископаемых, в основном из нефти. Вместе с тем, наряду с нефтяными топливами все большее применение находят и другие виды топлива, называемые альтернативными [2–4]. К 2020 г. в Европе планируется перевести около четверти (23 %) всего автомобильного парка Европы на альтернативные топлива: природный газ – 10 % (23,5 млн автомобилей), биогаз – 8 % (18,8 млн автомобилей), водород (топливные элементы) – 5 % (11,7 млн автомобилей) [2, 5]. Повышенный интерес к проблеме использования альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания обусловлен как истощением нефтяных ресурсов и повышением цен на нефть и нефтепродукты, так и назревшей необходимостью решения острых экологических проблем, вызванных быстрым ростом числа транспортных средств.

Альтернативные топлива условно можно разделить на три группы. К первой группе можно отнести смесевые топлива, содержащие нефтяные топлива с добавками ненефтяного происхождения (растительными маслами, спиртами, эфирами и др.). Вторая группа включает синтетические жидкие топлива, получаемые при переработке твердых, жидких или газообразных полезных ископаемых (угля, горючих сланцев, природного газа и газовых конденсатов и т.д.). Третью группу составляют ненефтяные топлива – растительные масла спирты, эфиры, газообразные топлива. К последним относятся компримированный природный газ, сжиженный нефтяной газ, диметиловый эфир, водород и др. Следует отметить, что альтернативные топлива третьей группы обычно имеют физико-химические свойства, отличные от свойств нефтяного дизельного топлива, являющегося основным видом топлива для дизельных двигателей

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:08

Color profile: Disabled
Composite Default screen

(таблица) [2, 6]. Поэтому при их использовании необходима адаптация этих топлив к транспортировке, хранению и заправке на существующих автомобильных заправочных станциях (АЗС), использованию в дизельных двигателях.

Необходимо отметить перспективность использования альтернативных топлив, производимых из сырья, получаемого в сельскохозяйственном секторе. В Российской Федерации, обладающей огромной территорией, значительная часть пахотных земель, используемых ранее для сельскохозяйственного производства, в настоящее время не обрабатывается и постепенно теряет свои плодородные качества. При этом, возможно производство биодизельного топлива, получаемого из различных масличных культур. Наличие больших площадей пахотных земель, пригодных для выращивания масличных культур (рис. 1), а также динамика увеличения посевных площадей, отведенных под эти культуры, и урожайности озимого и ярового рапса, а также подсолнечника, определяют потенциальную возможность России стать одним из лидирующих государств по производству биодизельного топлива [3].

Физико-химические свойства дизельного и альтернативных топлив

Физико-химические свойства топлив	Топлива						
	ДТ	КПГ (метан)	СНГ (пропан)	Метанол	ДМЭ	РМ	МЭРМ
Формула состава	$C_{16,2}H_{28,5}$*	CH_4	C_3H_8	CH_3OH	CH_3OCH_3	–	C19,6H36,6O2*
Плотность при 20 °С, ρ_{20} [кг/м^3]	830	416**	490**	795	668**	916	877
Вязкость кинематическая при 20 °С, ν_{20} [мм^2/с]	3,8	–	0,17**	0,55	0,22**	75	8
Коэффициент поверхностного натяжения σ при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	–	–	12,5	33,2	30,7
Теплота сгорания низшая, H_u [МДж/кг]	42,5	50,3	46,5	20,1	28,9	37,3	37,8
Цетановое число	45	3	16	3	55–60	36	48
Температура самовоспламенения, °С	250	540	487	464	235	318	230
Температура помутнения, °С	–25	–	–	–	–	–9	–13
Температура застывания, °С	–35	–	–	–97,9	–	–20	–21
Температура кипения, °С	180–360	–161,5	–42	64,5	–25	–	–
Теплота испарения при температуре кипения, кДж/кг	250	511	427	1115	467	–	–
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20 °С, МПа	–	21,4	0,84	0,013	0,51	–	–
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	17,2	15,7	6,4	9,0	12,5	12,6
Содержание, % по массе:							
C	87,0	76,0	81,8	37,5	52,2	77,0	77,5
H	12,6	24,0	18,2	12,5	13,0	12,0	12,0
O	0,4	0	0	50,0	34,8	11,0	10,5
Общее содержание серы, % по массе	0,20	–	0,015	–	–	0,002	0,002
Коксуемость 10 %-ного остатка, % по массе	0,2	–	–	–	–	0,4	0,3

Примечание: "–" – свойства не определялись; * – условная формула состава; ** – плотность и вязкость жидкой фазы; ДТ – дизельное топливо; КПГ – компримированный природный газ; СНГ – сжиженный нефтяной газ; ДМЭ – диметиловый эфир; РМ – рапсовое масло; МЭРМ – метиловый эфир рапсового масла.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 ". 13:21:09

Color profile: Disabled
Composite Default screen

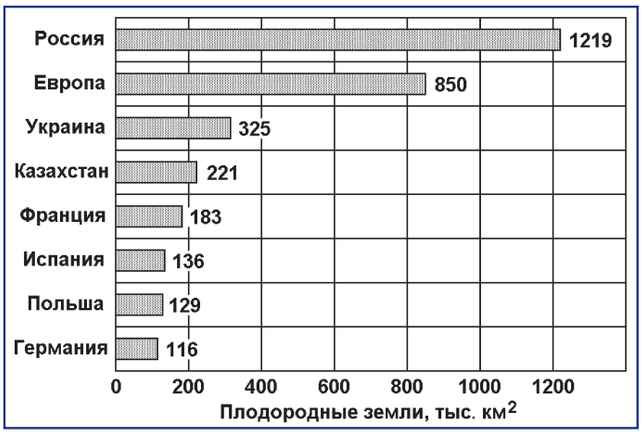


Рис. 1. *Площади плодородных земель, пригодных для выращивания масличных культур в странах западной Европы, России, Украине, Казахстане*

К 2000 г. мировой объем производства растительных масел достиг уровня 80 млн т в год. Выработка только четырех из них – соевого, рапсового, подсолнечного и пальмового составила 39,6 млн т в год. По прогнозу консалтинговой компании LMC (Великобритания), к 2020 г. объем мирового потребления растительных масел составит уже около 220 млн т. Значительное увеличение производства растительных масел будет обусловлено ростом потребления масел пищевым и промышленным (включая производство биодизельного топлива) секторами мировой экономики.

Мировое производство биодизельного топлива из растительных масел к 2011 г. достигло уровня в 18 млн т (рис. 2). При этом основой сырьевой базы для его производства остаются три вида масел – соевое, пальмовое и рапсовое, причем доля рапсового масла составляет около 40 % от всего объема растительных масел, перерабатываемых в биодизельное топливо. В странах Евросоюза к 2010 г. сложилась следующая сырьевая база для производства биодизельных топлив. Доля рапсового масла, выращиваемого в этих странах, как сырья для выпуска моторных топлив составила 63 % (рис. 3) [3]. Но следует отметить, что возросла до 13% доля импортируемых растительных масел (в том числе – рапсового). Заметную долю сырьевых ресурсов составили животные жиры (9 %) и фритюрные растительные масла (5 %). Причем, основную часть фритюрных масел составило подсолнечное масло. Поэтому можно констатировать, что суммарная доля подсолнечного масла в сырьевых ресурсах для производства топлива "биодизель" превысила 10 % (8 % – подсолнечное масло плюс 3–4 % – фритюрное подсолнечное масло).

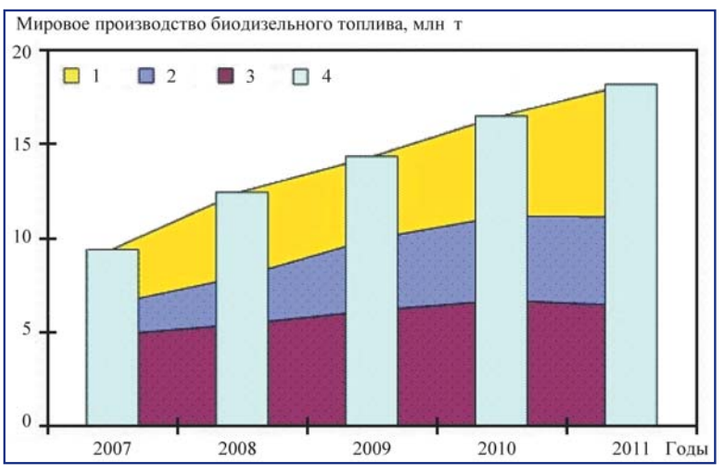


Рис. 2. *Рост производства биодизельного топлива в мире из различных растительных масел, тыс. т:*
1 – соевого; *2* – пальмового; *3* – рапсового; *4* – всего

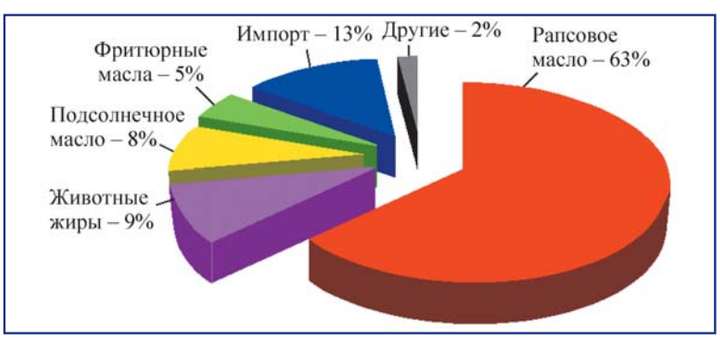


Рис. 3. *Сырьевая база для производства биодизельного топлива в странах ЕС в 2010 г.*

Согласно данным Отраслевого союза сельхозпроизводителей Германии (UFOP) в 2010 г. в стране озимым рапсом было засеяно 1,42 млн га земель, что на 4,1 % превысило площадь, засеянную в 2009 г. (1,37 млн га). При этом использованы земли, малопригодные и непригодные для сева пищевых сельскохозяйственных культур – земли вокруг автомагистралей, вредных производств и др.

Для централизованного снабжения топливом автотранспорта больших городов в большей степени пригодны сложные эфиры растительных масел – метиловые, этиловые и бутиловые, получаемые путем обработки растительных масел спиртами (соответственно метано-

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 °. 13:21:20

Color profile: Disabled
Composite Default screen

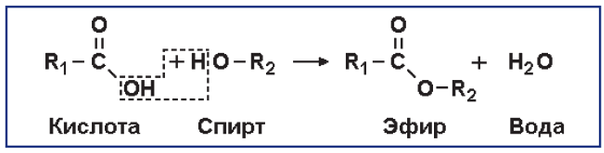


Рис. 4. Реакция этерификации кислоты спиртом с образованием эфира

лом, этанолом и бутанолом) [3]. Основой производства сложных эфиров растительных масел являются реакции этерификации, представляющие собой реакции взаимодействия жирных кислот растительных масел со спиртами. В общем случае получение эфиров из кислот может быть выражено уравнением химической реакции этерификации, представленным на рис. 4 [3]. При протекании данной реакции отделившийся от спирта атом водорода Н соединяется с гидроксильной группой ОН кислоты с образованием воды, а при взаимодействии оставшихся радикалов кислоты и спирта образуется эфир. Причем, сложные эфиры растительных масел можно получить из различных растительных масел – рапсового, соевого, пальмового, подсолнечного и др. Эти эфиры называются сложными и не могут быть описаны простой химической формулой, поскольку являются смесями эфиров различных жирных кислот, входящих в состав растительных масел. Физико-химические свойства этих эфиров в большей степени приближены к свойствам нефтяного дизельного топлива по сравнению с растительными маслами. В первую очередь следует отметить пониженную по сравнению с растительными маслами вязкость указанных эфиров, а также их повышенное цетановое число, которое обычно превосходит цетановое число нефтяного дизельного топлива.

Наибольшее практическое применение в качестве дизельного топлива для автомобильной техники получили метиловые эфиры растительных масел, которые часто называют биодизельным топливом. Для условий средней полосы России наиболее подходящей масличной культурой является рапс. С одного гектара посевов рапса можно получить до 3 т маслосемян (до 1,0 т рапсового масла), до 3,5 т соломы, до 1,8 т жмыха, используемого для откорма крупного рогатого скота.

В странах Евросоюза наблюдается ежегодное увеличение производства биотоплив. По оценкам журнала Oil World только в Германии ежемесячно около 80 тыс. т рапсового масла (РМ) используется как прямой заменитель моторного топлива. И это без учета еще более значительных объемов потребления рапсового масла отраслью для производства метилового эфира Рапсового масла (МЭРМ). Показательны данные работы [3], в которой представлены направления реализации биодизельных топлив в Германии. В 2006 г. сбыт биодизельного топлива ("биодизель" или метиловые эфиры растительных масел) в Германии составил 2,5 млн т, в том числе, 1,01 млн т было использовано как примесь к нефтяному дизельному топливу и 0,5 млн т реализовано через бензоколонки для легковых и грузовых автомобилей. Кроме этого, в качестве моторного топлива был использован 1 млн т рапсового масла.

Для анализа возможностей использования различных альтернативных топлив необходимо сопоставить физико-химические свойства нефтяного дизельного топлива со свойствами различных альтернативных топлив (см. табл. 1). Нефтяное дизельное топливо (ДТ) среднего состава имеет диапазон температур выкипания 160–360 °С, цетановое число – 45 единиц, температуру самовоспламенения – 250 °С, что обеспечивает его хорошее воспламенение в цилиндрах дизеля, сравнительно плавное сгорание, хорошие топливно-экономические показатели и приемлемые характеристики токсичности отработавших газов (ОГ). Поскольку нефтяное ДТ является слабо испаряющимся нефтепродуктом, практически не изменяющим своих свойств при хранении, оно хорошо адаптировано к транспортировке и хранению. Функционирует сеть АЗС, обеспечивающих заправку транспортных средств этим видом топлива. Однако использование ДТ имеет и ряд недостатков, основными из которых являются ограниченность нефтяных ресурсов и их невозобновляемость. Кроме того, при сгорании дизельного топлива не всегда обеспечиваются требования к токсичности ОГ. Выброс углекислого газа, образующегося в камере сгорания дизеля при сгорании дизельного топлива, способствует возникновению парникового эффекта, а само производство дизельного топлива является неэкологичным процессом [2, 3]. На рис. 5 проведено сравнение различных топлив, использование которых возможно в дизельных двигателях транспортных средств различного назначения (преимущественно в городских условиях в двигателях легковых и грузовых автомобилей).

Данные, приведенные на рис. 5, не являются исчерпывающими ни по перечню рассматриваемых топлив, ни по их сравниваемым характеристикам. Поэтому эти данные не позволяют сделать окончательный вывод о целесообразности первоочередного применения одного из рассматриваемых топлив. Для такого выбора необходимо провести сравнение и ряда других показателей, что обеспечит возможность более полной оценки преимуществ использования того или иного вида топлива.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:21

Color profile: Disabled
Composite Default screen

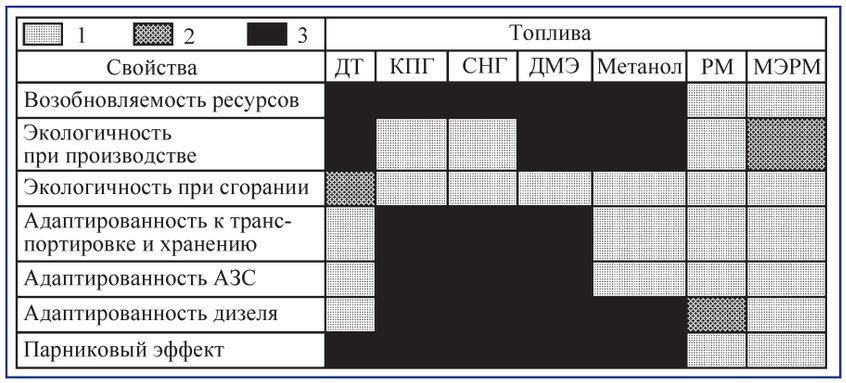


Рис. 5. *Сравнительные характеристики различных топлив:*
1 – преимущество; *2* – сочетание преимуществ и недостатков; *3* – недостаток; ДТ – дизельное топливо; КПГ – компримированный природный газ; СНГ – сжиженный нефтяной газ; ДМЭ – диметиловый эфир; РМ – рапсовое масло; МЭРМ – метиловый эфир рапсового масла

Кроме анализа применимости различных топлив, проведенных в работах [2, 3], известны и другие исследования по этому вопросу. Показатели традиционных и альтернативных топлив сопоставлялись и в ряде других работ [7–10]. В частности, сравнительные характеристики некоторых топлив представлены на рис. 6, построенной с использованием данных работы [11]. Эти характеристики свидетельствуют о перспективности использования в качестве топлива для дизелей природного и попутного нефтяного газов, ДМЭ, топлив растительного происхождения.

Общим недостатком использования КПГ, СПГ, ДМЭ в дизелях является их неприспособленность к работе на газообразных топливах, что требует внесения существенных изменений в конструкцию дизеля, особенно в его топливоподающую систему. Следует отметить и отсутствие разветвленной сети автомобильных заправочных станций (АЗС), снабжающих автомобильный транспорт этими топливами. Поэтому, с этой точки зрения, преимущества имеют жидкие альтернативные топлива, снабжение автотранспорта которыми может осуществляться с использованием уже имеющейся сети АЗС.

Свою специфику имеет выбор альтернативных топлив для дизельных двигателей сельскохозяйственных машин. Продолжающийся рост цен на нефтяные моторные топлива привел к тому, что в структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции доля стоимости дизельного топлива уже превышает 30% [12]. Это обстоятельство не только приводит к нарушению технологий сельскохозяйственного производства и увеличению стоимости продуктов питания, но и сокращению посевных площадей и поголовья животных, а также ведет к разорению предприятий агропромышленного комплекса различных форм собственности. Сложившаяся ситуация грозит потерей продовольственной безопасности страны и полной зависимости от ввозимого продовольствия. В связи с этим обстоятельством в настоящее время разработано и внедрено ряд технологий использования альтернативных видов топлива: биотоплива, газообразного топлива и других видов альтернативного топлива. Но приоритетное внедрение того или иного альтернативного топлива в сельскохозяйственное производство должно базироваться на всесторонней оценке преимуществ и недостатков конвертирования двигателей внутреннего сгорания на этот вид топлива и использования его для сельскохозяйственной техники. Поэтому целесообразнее выбрать наиболее выгодное, в экономическом плане, альтернативное топливо и сконцентрировать усилия на его более широком внедрении в автотракторное хозяйство страны. Таким образом, экономическое обоснование приоритетного направления широкомасштабного внедрения альтернативного топлива является актуальной задачей.

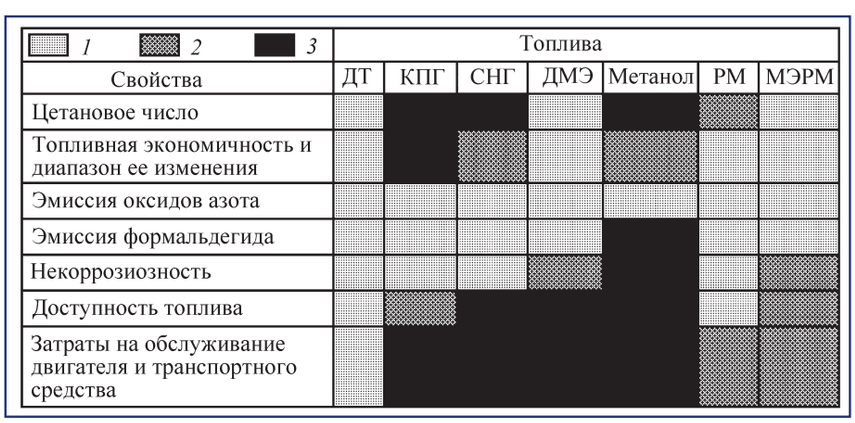


Рис. 6. *Сравнительные характеристики различных топлив:*
1 – преимущество; *2* – сочетание преимуществ и недостатков; *3* – недостаток

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:22

Color profile: Disabled
Composite Default screen

При этом целесообразно произвести теоретическое исследование эффективности использования альтернативных топлив различными классами тракторной техники (тракторов различного тягового класса). Рассмотрены тракторы К-700А (тяговый класс 50 кН), Т-150 (тяговый класс 30 кН), ДТ-75 (тяговый класс 30 кН), МТЗ-80 (тяговый класс 14 кН). Данные трактора были выбраны из всего многочисленного ряда тракторов, применяемых в сельском хозяйстве, так как являются на сегодняшний день наиболее распространенными. Использованная методика определения экономической эффективности является стандартной и достаточно распространенной при определении основных экономических показателей сельскохозяйственной техники [12]. Она учитывает основные технико-экономические показатели, такие как часовая производительность, затраты труда на единицу выполненной работы, удельный расход энергоресурсов и расчет себестоимости единицы работы. С целью обеспечения наибольшей объективности проводимого теоретического исследования были приняты значения указанных выше технико-экономических параметров, характерных для самого распространенного вида сельскохозяйственной операции – вспашки (при агрегатировании выше перечисленных тракторов плугами марки ПЛН в соответствии с тяговым классом этих тракторов). Расчет производился из условия годовой загрузки сельхозмашин, равной 500 ч, норма амортизационных отчислений на трактор установлена в размере 18,5 %, а часовая тарифная ставка принята равной 51,7 руб. [12].

При расчетах исследованы традиционное нефтяное дизельное топливо и следующие виды альтернативных топлив: смесь В20 (смесь 20 % рапсового масла и 80 % ДТ), чистое рапсовое масло, сжиженный нефтяной газ (пропан-бутановая смесь) и сжатый (компримированный) природный газ (метан). На рис. 7 приведены расчетные данные годовой экономии (в рублях) при переходе от нефтяного ДТ на рассматриваемые альтернативные топлива. На рис. 8 представлены результаты расчета срока окупаемости (лет) конвертации тракторов на рассматриваемые альтернативные топлива. При расчетах рассмотрены системы питания тракторных двигателей газообразными топливами (метан и пропан-бутановая смесь) с их воспламенением от запальной дозы нефтяного дизельного топлива, т.е. двойные системы питания дизелей. Срок окупаемости использования биотоплив (рапсовое масло и смесь В20) дан без периода выращивания и производства самого биотоплива.

Из представленных на рис. 7 и 8 данных можно сделать вывод о том, что наиболее экономически выгодным может стать применение природного газа (метана) в качестве альтернативного топлива. Так, при конвертировании дизельного двигателя трактора МТЗ-80 на природный газ годовой экономический эффект составит около 400 тыс. руб. на один трактор (см. рис. 7). При этом срок окупаемости конвертации дизеля этого трактора на природный газ составляет всего 0,5 года (см. рис. 8). Но переоборудование тракторных двигателей для работы на этом виде топлива требует наибольших, по сравнению с применением других видов альтернативных топлив, капиталовложений. Результаты расчетных исследований также показывают, что применение альтернативных видов топлива целесообразно на недорогих видах техники, что делает их использование более привлекательным для малых и фермерских хозяйств. Близость значений технико-экономических характеристик тракторов Т-150 и ДТ-75 объясняется тем фактором, что эти тракторы относятся к одному тяговому классу.

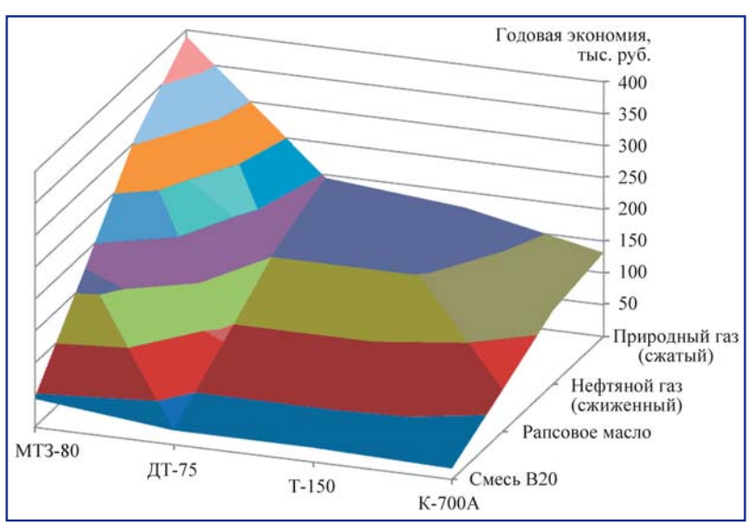


Рис. 7. *Результаты расчета годовой экономии при использовании различных видов альтернативных топлив на основных марках сельскохозяйственных тракторов*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:31

Color profile: Disabled
Composite Default screen

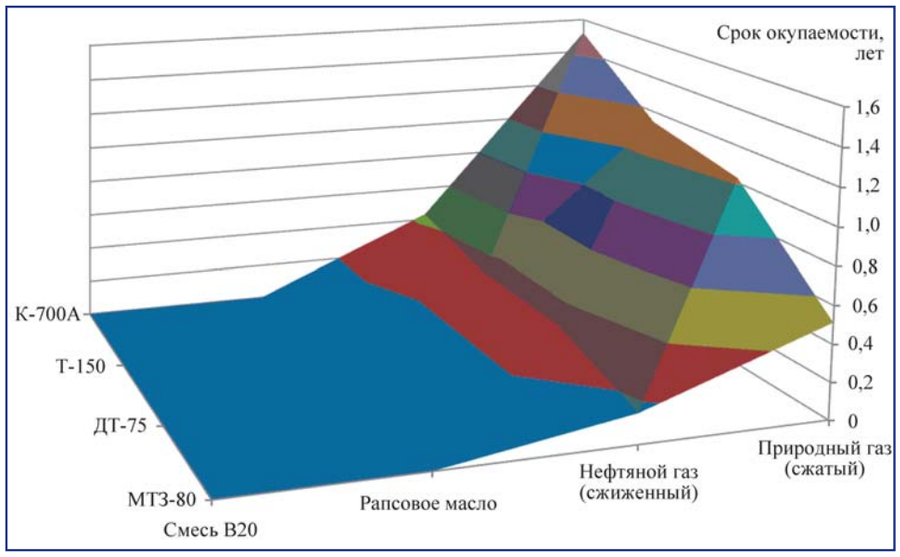


Рис. 8. *Результаты расчета срока окупаемости конвертации сельскохозяйственных тракторов на различные виды альтернативных топлив*

Проведенный анализ подтвердил эффективность использования в сельскохозяйственном производстве не только природного газа, но и других исследуемых видов альтернативных топлив: смеси рапсового масла с нефтяным ДТ (смесь В20), рапсового масла и сжиженного нефтяного газа. При этом необходимо отметить, что использование рассмотренных биотоплив практически не требует затрат на адаптацию двигателей к их применению, поскольку по своим физико-химическим свойствам они достаточно близки к традиционным нефтяным дизельным ДТ (особенно смесь В20).

Перспективность широкого внедрения того или иного вида альтернативного топлива напрямую зависит от соотношения цен на нефтяное дизельное топливо и рассматриваемого альтернативного топлива. При этом отмечается практически непрерывный рост цен на нефтяное ДТ (рис. 9). За последние 12 лет эта цена увеличилась более чем в 2 раза [12].

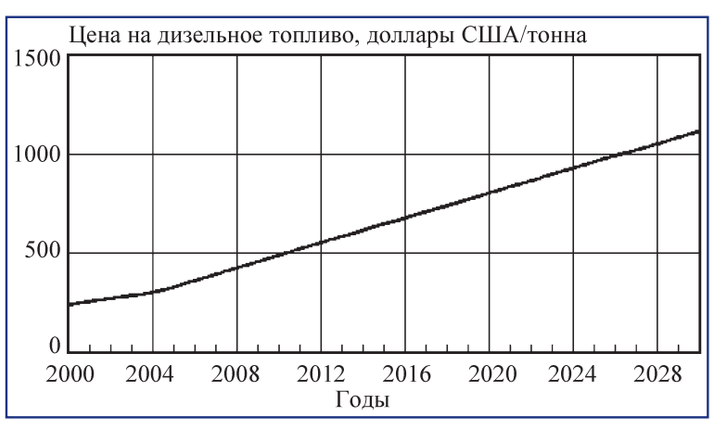


Рис. 9. *Динамика роста оптовых цен на дизельное топливо в России*

Но необходимо отметить и практически непрерывное увеличение цен на растительные масла и, в частности, на рапсовое масло. В настоящее время розничная цена одного литра рапсового масла составляет около 1 долл. США (рис. 10) [12]. Пока розничная цена на растительное масло несколько превышает розничную цену на нефтяное дизельное топливо. Вместе с тем, в последние годы отмечается сближение цен на эти энергоносители, что позволяет признать перспективность использования растительных масел в качестве моторных топлив. Особенно это относится к агропромышленным комплексам, где растительные масла являются побочным продуктом получения шмыха и шротов для откорма крупного рогатого скота. К тому же в данном случае сокращаются расходы на транспортировку моторного топлива.

Проведенное исследование показало, что применение топлив, получаемых из растительных масел, в качестве альтернативного топлива для дизельных двигателей уже в настоящее время становится экономически выгодным. При этом необходимо учитывать непрерывное увеличение цен на нефтяное ДТ. Учитывая наличие сельскохозяйственных угодий, пригодных для выращивания сырья для производства этих топлив, и безработицы населения в сельской местности, можно сделать вывод о перспективности производства указанных биотоплив более широкого использования этих видов топлива не только в сельском хозяйстве, но и на транс-

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:42

Color profile: Disabled
Composite Default screen

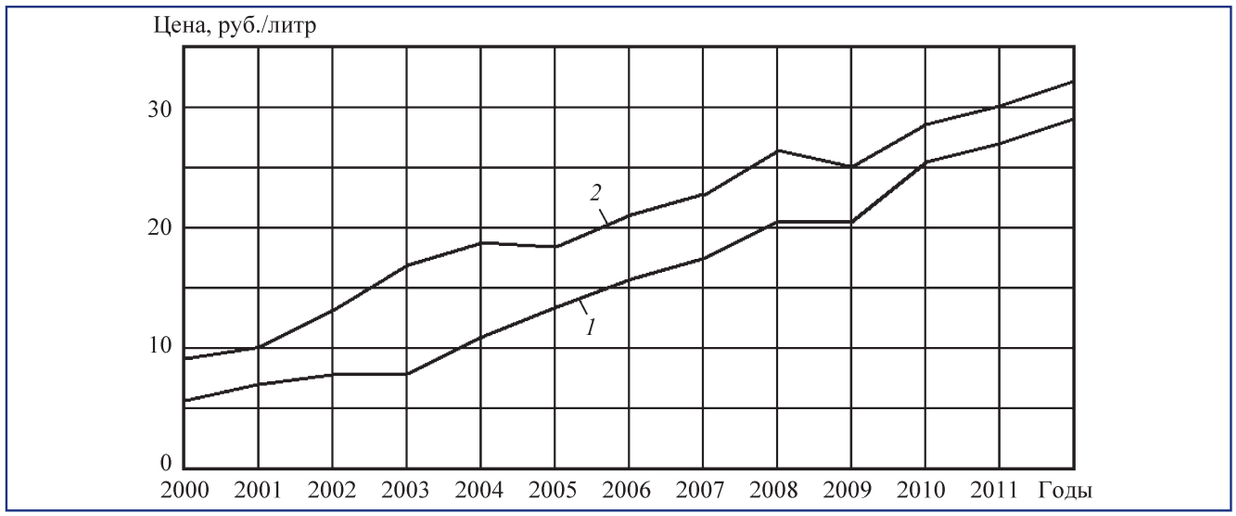


Рис. 10. *Динамика роста розничных цен на дизельное топливо и рапсовое масло в г. Москве: 1 – ДТ; 2 – РМ*

порте, а также в других отраслях промышленности России.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Александров И.К., Раков В.А., Щербакова А.А.** Перспективы развития транспортных средств с электроприводом // Транспорт на альтернативном топливе. 2011. № 4. С. 65–68.

2. **Альтернативные** топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.В. Багров, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов, С.Н. Девянин, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012. 791 с.

3. **Использование** растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов, А.В. Шахов, В.В. Багров. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011. 536 с.

4. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. 311 с.

5. **Хачиян А.С.** Применение различных топлив и энергетических установок в автомобилях будущего // Двигателестроение. 2004. № 1. С. 28–31.

6. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. 480 с.

7. **Звонов В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С.** Оценка традиционных и альтернативных топлив по полному жизненному циклу // Автостроение за рубежом. 2001. № 12. С. 14–20.

8. **Andersson E.** Volvo Environmental Database for Fuels // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-2010. P. 1–6.

9. **He D., Wang M.** Contribution Feedstock and Fuel Transportation to Total Fuel-Cycle Energy Use and Emissions // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-2976. P. 1–15.

10. **Louis J.J.** Well-To-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emissions for Various Vehicle Technologies // SAE Technical Paper Series. 2001. № 2001-01-1343. P. 1–8.

11. **Fleisch T., McCarthy C., Basu A. et al.** A New Clean Diesel Technology: Demonstration of ULEV Emissions on a Navistar Diesel Engine Fueled with Dimethyl Ether // SAE Technical Paper Series. 1995. № 950061. P. 1–10.

12. **Марков В.А., Бебенин Е.В., Поздняков Е.Ф.** Сравнительная оценка альтернативных топлив для дизельных двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. 2013. № 5. С. 24–29.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:43

Color profile: Disabled
Composite Default screen

СИНТЕТИЧЕСКОЕ ДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Н.Н. Патрахальцев, д-р техн. наук, **И.С. Мельник,** магистр, **Б.А. Корнев,** магистр, РУДН

В статье приводится обзорная информация по проблемам производства и применения синтетического дизельного топлива, прежде всего из природного газа, ДТ GTL (Gas to Liquid), являющегося на ближайшую перспективу наиболее экологически чистым и одновременно экономически наиболее реальным топливом для высоко экономичных и малотоксичных дизелей.

Ключевые слова: дизель, дизельное топливо, синтетическое дизельное топливо, природный газ.

SYNTHETIC DIESEL FUEL OF NATURAL GAS

Patrakhaltsev N.N., Melnik I.S., Kornev B.A.

There presented summary of information, connected with the problems of production and using of synthetic diesel fuel of natural gas (GTL – Gas to Liquid). This fuel now is the more ecologically pure and economically real fuel for diesels with small emission and high efficiency.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, synthetic diesel fuel, natural gas.

Современные и перспективные транспортные средства должны удовлетворять как требованиям высокой экономичности, так и требованиям экологичности, включающими пониженные выбросы парниковых газов, требованиям надёжности, долговечности, пониженных затрат при проведении технических обслуживаний, ремонтов и т.д. [1]. Опыт ведущих европейских стран показал, что наилучшими средствами в достижении этих целей являются применение передовых технологий в создании дизелей и экологически чистых дизельных топлив. В сравнении с бензиновыми двигателями той же мощности дизели расходуют до 40 % меньше топлива, создают более высокие крутящие моменты при пониженных частотах вращения, обеспечивают пробег автомобилей более 300 тыс. км, требуют меньших затрат на техническое обслуживание и имеют более длительные интервалы между плановыми техобслуживаниями. Кроме того, дизели отличаются меньшими выбросами парниковых газов. Последние дизельные технологии обеспечивают им повышенную чистоту выбросов и меньшую шумность.

В 2002 г. более 40 % даже легковых автомобилей в Европе были дизельными. В 2008 г. доля дизелей возросла до 50 %. В странах Европейского союза и ряда других государств вступили в силу нормы токсичности отработавших газов "Евро-6" [3]. Новый стандарт предусматривает пятикратное снижение предельных выбросов оксидов азота NO_x и двух-трехкратное уменьшение допустимых выбросов твердых частиц в окружающую среду (рис. 1) по сравнению с предыдущими нормами.

На сегодняшний день достичь таких результатов практически возможно лишь комплексными антитоксичными методами и средствами, вклю-

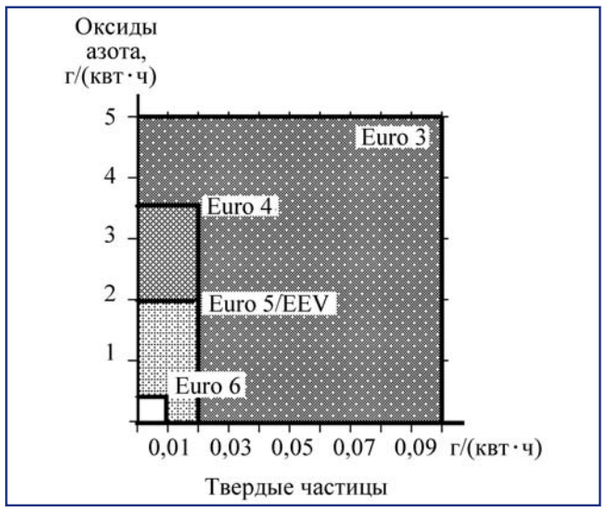


Рис. 1. *Нормы выбросов оксидов азота (NO_x) и твёрдых частиц (ТЧ) европейских экологических стандартов*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:44

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 1

Нормы выбросов токсичных веществ, входящих в состав отработавших газов, для европейских стандартов

	"Евро-6"	"Евро-5"
Оксиды азота, NO_x, г/(кВт·ч)	0,4	2,0
Твёрдые частицы, г/(кВт·ч)	0,01	0,02 или 0,03*
Подсчёт твёрдых частиц, частиц/(кВт·ч)**:		
испытательный цикл переменных режимов	$6{,}00\times10^{11}$	
испытательный цикл стационарных режимов	$8{,}00\times10^{11}$	

Примечания: * – в зависимости от испытательного цикла; ** – один кВт·ч соответствует энергии, которая расходуется в течение примерно 30 с при движении 40-тонного автопоезда по автомагистрали.

чающими как совершенствование или создание новых рабочих процессов дизелей, новых систем управления двигателями, использование физико-химической обработки отработавших газов на выпуске, а также применением высокоэкологичных топлив [4, 5].

С учётом вводимых норм на подсчет твердых частиц, чего не предусматривалось стандартом "Евро-5", потребуется практически шестикратное снижение выбросов ТЧ (табл. 1).

Повышение экологических качеств традиционных нефтяных дизельных топлив (ДТ) достигается как соответствующей технологией их производства, дополнительной обработкой и очисткой, так и использованием различных присадок, добавок, в том числе ряда альтернативных топлив. В результате развивается метод регулирования рабочего процесса дизеля изменением физико-химических и моторных свойств топлива (ФХР – "физико-химическое" регулирование [6, 7]). Известно, что наличие серы в топливе не только снижает моторесурс двигателя, повышает токсичность ОГ, в том числе содержание в них твёрдых частиц, но и ограничивает возможности применения систем каталитической нейтрализации и регенерируемых сажевых фильтров [8]. Малосернистое ДТ (содержание серы *S* в топливе менее 10 ppm) использовалось в Швеции уже более десятилетия и было принято всем Европейским союзом в 2009 г., что позволило ещё более увеличить ресурс и эффективность упомянутых технологий. Уже более 20 лет в мировом производстве топлив происходит систематическое снижение концентрации серы (*S*) (от 5000...10000 ppm в 1996 г. до 10 ppm в 2011 г.) [9]. Так, в США с 2006 г. применяются топлива с содержанием *S* менее 15 ppm, а в Европе и Японии – менее 10 ppm (с 2009 и 2007 гг. соответственно).

В последние годы [10, 11, 12] произошло существенное возрастание интереса к синтетическим, особенно дизельным, топливам (таким, как GTL – Gas To Liquid). Эти топлива являются чрезвычайно чистыми (табл. 2).

Поэтому, если эти топлива будут сертифицированы в качестве стандартных для дорог Европы, то это позволит достигнуть дальнейшего снижения выбросов транспортных дизелей. Большинство топливопроизводящих компаний, таких, например, как Shell, Sasol Shevron и Conoco Philips, объявили о создании нескольких заводов мирового уровня по производству синтетических GTL топлив, которые начали вступать в строй с 2010 г. Их производительность может превысить 1 млн баррелей дизельных топлив в день (около 58 млн т в год). Таким образом, уже в 2010 г. производство синтетического ДТ GTL составило более 7 % от потребностей в европейском дизельном топливе (ДТ EU). К 2020 г. производство синтетического ДТ может достигнуть 29 % от потребностей в европейском EU. В числе множества возможных альтернативных топлив синтетическое ДТ (ДТ GTL) можно считать наиболее вероятным заменителем традиционных ДТ по своим количественным показателям производства.

История развития процесса производства синтетических жидких углеводородов изложена в работе [13]. Кратко отметим, что в 1908 г. русский ученый Е.И. Орлов в подтверждение теоретических представлений А.М. Бутлерова о существовании свободных метиленовых радикалов установил, что из CO и H_2 в присутствии катализаторов синтезируется также и этилен. Промышленный метод получения синтетических моторных топлив из

Таблица 2

Свойства дизельного топлива (ДТ) синтетического (GTL) и нефтяного происхождения

Свойства	ДТ по технологии GTL	Европейский стандарт, 2005
Цетановое число	≥75	≥53
Ароматические углеводороды, % масс.	≤0,1	≤6
Сера, ppm	0	≤50
Плотность при 20 °С, кг/(м^3)	767	≤835

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:44

Color profile: Disabled
Composite Default screen

синтез-газа ($CO + H_2$) разработан немецкими учеными Ф. Фишером и Г. Тропшем. Процесс производства ДТ GTL состоит из трёх стадий. Первая – производство синтез-газа (определённые соотношения H_2 и CO). Это самая энергоёмкая стадия (60–70 % от общих капитальных затрат, особенно, если сырьём является уголь). Вторая – 25 %, лёгкие синтетические парафиновые углеводороды (ЛСПУ) – многокомпонентная газожидкостная смесь углеводородов. Третья стадия требует 5–15 % затрат и состоит из гидрокрекинга и ректификации [14].

Процессы производства синтетических бензина и дизельного топлива можно организовать из различных полезных ископаемых, таких, как бурый и каменный уголь, горючие сланцы, битуминозные (нефтеносные) пески, торф, из биомассы и древесины. Но особенно целесообразно – из природного газа. С транспортных точек зрения важно внедрение крупнотоннажной технологии GTL непосредственно на газовом месторождении. Такие разработки выполнены в Институте органической химии (ИОХ) АН РФ.

В проводившихся ранее исследованиях [15] синтетические углеводороды, причем, преимущественно легкие, использовались в качестве добавок к основному ДТ, особенно утяжелённому или типа лёгкого газойля каталитического крекинга, с целью повышения их моторных качеств. В настоящее время все более развивается процесс производства ДТ GTL из природного газа [16]. В начальной стадии использования ДТ GTL также может применяться в составе смесевого топлива (ДТ +ДТ GTL).

ДТ GTL не имеет недостатка, связанного с возможными ограниченными сырьевых ресурсов при массовом производстве, как это может иметь место при производстве топлив, получаемых из биологического сырья (биодизельного топлива или биоэтанола). Широкое проникновение ДТ GTL на рынки сбыта не требует огромных капиталовложений в создание или модернизацию инфраструктуры снабжения, как это будет иметь место при попытках широкого использования газовых топлив, типа сжатого природного газа или водорода. Стоимость производства ДТ GTL уже сейчас стала сравнимой со стоимостью производства современных высококачественных традиционных топлив и существенно ниже, чем стоимость производства многих других альтернативных топлив [17].

Всё сказанное стимулирует исследования работы двигателей на этих топливах, с целью выявления возможных выигрышей от их применения. Для более детального исследования влияния ДТ GTL на выбросы дизеля (см. табл. 3) были выбраны пять режимных точек, которые наиболее существенно отражают выбросы при испытаниях по циклу NEDC [10, 11].

При этом никаких конструктивных изменений дизеля не проводилось. Однако некоторые регулировочные параметры менялись с целью выявления потенциальных возможностей снижения токсичности выбросов применением топлива GTL. К ним относятся степень рециркуляции, начало запального (пилотного) впрыска (start of pilot injection – SOPI) и начало основного впрыска (start of main injection – SOMI). На рис. 2 показаны результаты испытаний в одной из режимных точек.

Таблица 3

Основные показатели исследованного дизеля

Показатели	Дизель типа Mercedes-Benz OM 646, уровень эмиссии удовлетворяет нормам "Евро-3"
Рабочий объём и конструкция	2,2 л, рядный, 4-цилиндровый, 4 клапана на цилиндр
Степень сжатия	18
Система топливоподачи	Система Common rail (максимальное давление впрыска – 1600 бар)
Воздухоснабжение	Турбонаддув, промежуточное охлаждение воздуха
Средства снижения токсичности выбросов	Рециркуляция охлаждённых ОГ, регулируемый вихрь на входе, каталитический окислительный нейтрализатор
Максимальный крутящий момент, M_e	340 Нм в диапазоне от 1800 до 2600 об/мин
Максимальная мощность, N_e	110 кВт при 4200 об/мин

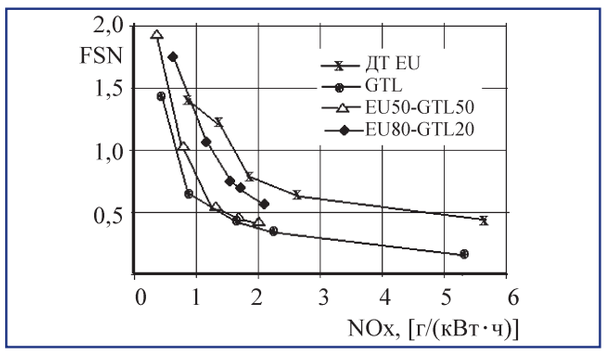


Рис. 2. *Взаимозависимость между концентрацией NO_x и сажи (FSN) в ОГ при работе на режиме 1600 об/мин при среднем эффективном давлении p_e = 3,3 бар и применении различных топлив*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 °. 13:21:45

Color profile: Disabled
Composite Default screen

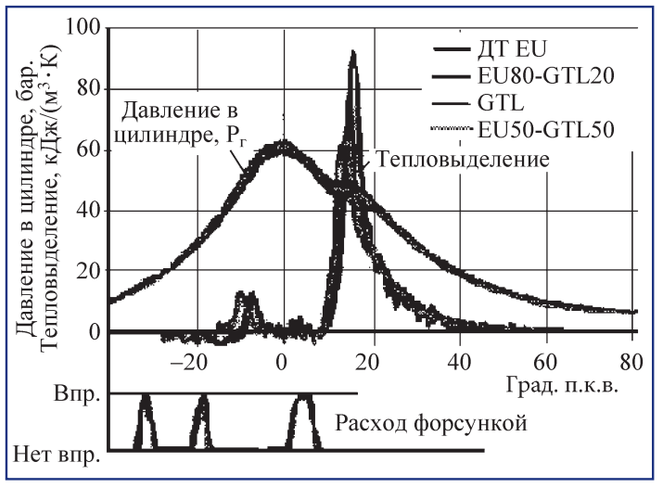


Рис. 3. *Давление в цилиндре и тепловыделение на режиме n = 2000 об/мин и p_e = 2 бар. (GTL и EU50-GTL50 воспламеняются и горят на 4 град. п.к.в. раньше, чем другие топлива)*

Видно, что применение ДТ GTL приводит к снижению как концентрации NO_x в ОГ, так и сажи (FSN – Filter Smoke Number). Отмечено снижение кривой взаимозависимости FSN–NO_x для всех степеней рециркуляции. Это снижение более существенно в условиях установившихся режимов, чем это показано при реализации неустановившихся режимов цикла NEDC. Важно, что смесевое топливо с добавкой 50 % GTL обеспечивает практически такой же эффект, что и чистое ДТ GTL. Это важно для начального периода применения ДТ GTL, когда рынок ещё не насыщен достаточным количеством нового топлива.

Индикаторные диаграммы и характеристики тепловыделения на рис. 3 свидетельствуют, что при одинаковых началах впрысков запального топлива топливо GTL и смесевое EU50-GTL50 воспламеняются на 4° поворота коленчатого вала (п.к.в.) раньше, чем ДТ EU и смесевое EU80-GTL20. Более раннее начало сгорания видно и для основных доз топлива. Проведена численная оптимизация трёх регулируемых параметров одновременно при условии, что расход топлива и шум не выходят за пределы этих показателей при работе на сравниваемом топливе EU . Оптимизация проведена с использованием взаимозависимости между относительной концентрацией NO_x (%) и сажи (%) в ОГ.

На рис. 4 показаны результаты предсказания возможностей снизить токсичность выбросов дизеля использованием топлива GTL и его смеси EU50-GTL50. После оптимизации регулировочных параметров было достигнуто одновременное снижение выбросов сажи и оксидов азота на 35 %, по сравнению с аналогичными показателями дизеля, использующего топливо ДТ EU. Если же принять регулировку такой, чтобы сохранился неизменный исходный уровень выбросов сажи, то возможно достижение снижения выбросов NO_x на величину до 45 %.

Благодаря тому, что снижение выбросов нелинейно зависит от содержания GTL в смесевом топливе, существенного эффекта снижения выбросов можно достигнуть и на смесевом топливе с достаточно низким содержанием GTL. Так, пятидесятипроцентное смесевое топливо дает снижение выбросов сажи и оксидов азота на 30 %, а двадцатипроцентное – до 15 %. Это составляет в относительных величинах соответственно 86 и 43 % снижения выбросов в сравнении с выбросами дизеля, работающего на чистом ДТ GTL. Это является многообещающим фактором для введения начала использования ДТ GTL в малых дозах в смесевых топливах. Отмечено, что возможные изменения в

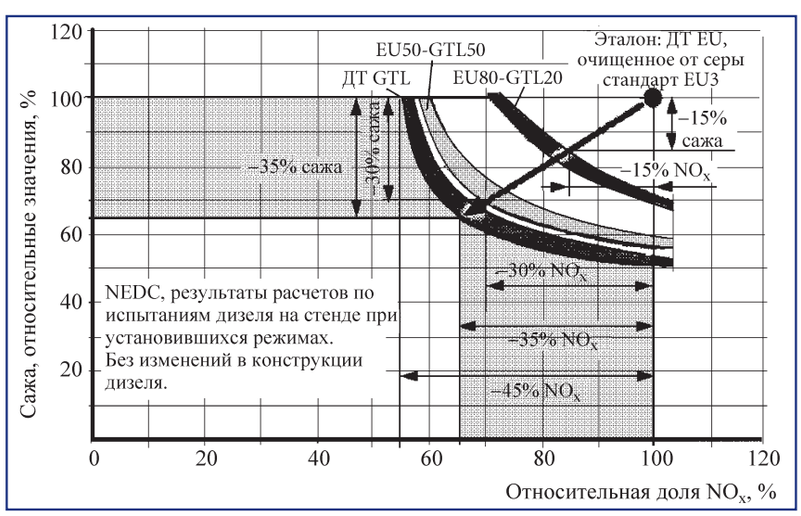


Рис. 4. *Предсказание влияния различных топлив на взаимозависимость выбросов сажи и оксидов азота. Предсказание основано на учёте изменения только трёх параметров: степени рециркуляции, угла опережения впрыска запального топлива и опережения впрыска основной дозы топлива*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:45

Color profile: Disabled
Composite Default screen

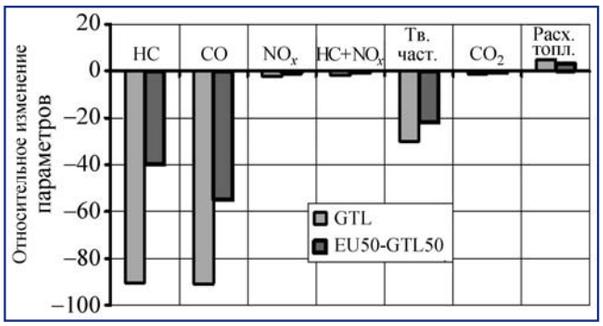


Рис. 5. *Результаты испытаний по циклу New European Driving Cycle, NEDC 2000 на беговых барабанах в холодном и прогретом состояниях легкового автомобиля Mercedes-Benz E 220 CDI, оснащенного 6-ступенчатой механической коробкой передач, дизелем Mercedes-Benz OM 646*

конструкции дизеля, например, его камеры сгорания, системы топливоподачи и пр. может повысить эффективность достигаемых результатов.

Для каждого из трех испытанных топлив (ДТ EU, EU50-GTL50 и чистое ДТ GTL) было проведено по пять реализаций испытательных циклов NEDC. Результаты усреднили для обеспечения их надёжности. Они представлены как изменения в процентах ряда показателей, сравнительно с показателями, полученными при работе на дизельном топливе (ДТ) EU 2005, очищенном от содержания серы. Для чистого GTL получено снижение выбросов HC и CO более чем на 90 %. Абсолютные значения выбросов были столь малы, что трудно было достаточно точно их определять. Для смесевого топлива (EU50-GTL50) относительное снижение выбросов CO и CH примерно соответствовало процентному содержанию ДТ GTL в смеси. Эмиссия NO_x, была снижена на незначительные проценты. У смесевого топлива эти величины были вдвое меньше. То же относится и к выбросам HC + NO_x. Эмиссия твердых частиц (PM – Particulate Matter) была снижена на величину до 30 % от исходной при нелинейной зависимости от состава смесевого топлива: пятидесятипроцентная смесь дала существенное, до 22 %, снижение выбросов ТЧ.

Повышенное содержание водорода H в топливе GTL привело к некоторому снижению выбросов CO_2. Кроме того, было получено некоторое повышение расхода топлива (объёмный расход), что было вполне ожидаемо. Объёмный расход топлива, выраженный в л/100 км, был на 6 % выше при работе на GTL, чем при работе на ДТ EU. Связано это с тем, что топливо GTL имеет плотность на 8 % ниже, чем ДТ EU. т.е. 6 % повышения объёмного расхода топлива соответствуют 1–2 % экономии массового расхода при работе на ДТ GTL.

На рис. 6 и 7 показаны характеры изменения выбросов CH и CO при реализации испытательного цикла. Это было сделано для уточнения причин снижения выбросов CH и CO. Показано, что даже в холодном состоянии дизеля и системы нейтрализации (а оно сохраняется около первых 90 с испытания) выбросы, как из дизеля, так и после нейтрализатора, снижаются очень существенно. Однако, количество CO и CH, которое может быть нейтрализовано, ограничено. Применение смесевого топлива

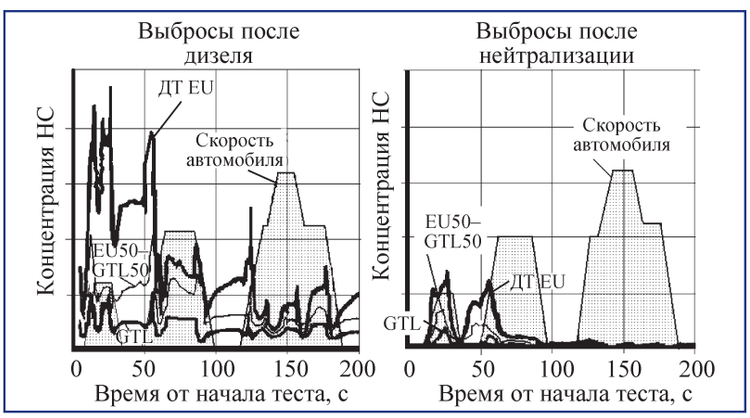


Рис. 6. *Изменение во времени выбросов CH из дизеля при испытаниях по циклу NEDC*

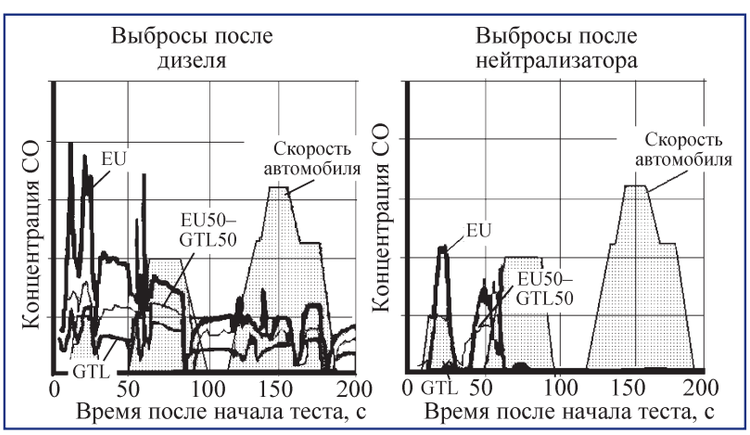


Рис. 7. *Изменение во времени выбросов CO из дизеля при испытаниях по циклу NEDC*

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 °. 13:21:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

(EU50-GTL50) приводит к нарушению закономерности снижения выбросов (происходит повышение выбросов CO и CH в сравнении с выбросами при работе на чистом ДТ GTL). Эффект очистки более существенен для выбросов CO, которые практически полностью исчезают в случае применения чистого ДТ GTL.

Эти привлекательные свойства чистого ДТ GTL обеспечивают определённые возможности снижения выбросов при холодном двигателе в начале реализации цикла, если провести адаптацию системы окислительной нейтрализации ОГ специально к уничтожению малых концентраций CO и CH.

Заключение

Применение дизельного топлива GTL на серийном, автомобиле дает возможность существенно снизить выбросы CH, CO и твёрдых частиц, причем, без изменения уровня выбросов NO_x, по сравнению с работой на чистом безсернистом европейском дизельном топливе (ДТ EU).

ДТ GTL позволяет достигнуть существенного снижения выбросов CH и CO на выходе из системы нейтрализации, особенно в период, когда система окислительной нейтрализации ещё не прогрелась.

Высокое цетановое число этого синтетического топлива обеспечивает повышение пусковых качеств холодного дизеля и улучшает его показатели при работе в холодном состоянии [17].

Пониженная дымность ОГ, а также низкие выбросы сажи при работе на GTL облегчают применение мер по снижению выбросов оксидов азота, например, повышением применения рециркуляции ОГ. Кроме того, появляется возможность использования благоприятной характеристики взаимосвязи NO_x и FSN для уменьшения выбросов как сажи, так и NO_x.

Оптимизация регулировочных параметров, таких как степень рециркуляции, углы опережения впрыскивания запальных и основных доз топлива, позволят снизить выбросы сажи и оксидов азота на 35 %.

Многообещающие результаты могут быть достигнуты применением смесевых топлив на базе GTL. Нелинейность зависимости изменения выбросов от содержания GTL в смесевом топливе является также многообещающей. Так, для смесей с содержанием GTL 50 % и 20 % достигается снижение выбросов оксидов азота соответственно на 30 % и 15 %. В результате выбросы при работе на смесевых топливах с GTL составляют в относительных цифрах 86 % и 43 % от выбросов дизеля, работающего на очищенном от серы европейском ДТ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Хачиян А.С., Синявский В.В.** Дизели современных легковых автомобилей. Особенности рабочих процессов и систем: Монография. М.: Техполиграфцентр. 2009. 128 с.

2. **CSIRO 2002,** Energy and Transport Sector Autlook to 2020. North Ryde Australia.

3. **Экологичные** двигатели концерна Scania (По материалам зарубежной информации) // Строительные и дорожные машины. 2012. № 1. С. 31–35.

4. **Diesel** Technology Forum 2001. Demand for Diesels: The European Experience. Virginia USA.

5. **Kohler H.K.** Proposal for a European Energy Strategy for Road Traffic. VDA Technischer Kongress "Kooperation zum Einsatz regenerativ erzeugter Kratstoffe". April 2003.

6. **Патрахальцев Н.Н.** Регулирование рабочего процесса дизеля // Грузовик &. 1998. № 2. С. 21–24.

7. **Патрахальцев Н.Н.** Регулирование ДВС методом изменения физико-химических свойств моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. 2010. № 3. С. 26–32.

8. **Global** Trends in Transport Fuels and the Role of Natural Gas. An Australian Perspective. 2009.

9. **Schaberg P.W., Myburgh I.S., Botha J.J. et al.** Diesel Exhaust Emissions Using Sasol Slarry Phase Distillate Process Fuels // SAE Technical Paper Series. 1997. № 972898.

10. **Schaberg P.W., Myburgh I.S., Botha J.J. et al.** Comparative Emissions Performance of Sasol Fisher-Tropsh Diesel Fuel in Current and Older Technology Heavy-Duty Diesel Engines // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1912.

11. **Payri F. et al.** Characterisation of the Injection-Combustion Process in Common Rail D.I. Diesel Engine Running with Sasol Fisher-Tropsch Fuel // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1803.

12. **W. Friess, H.O. Herrmann, R.R. Maly, M. Schnell and P. Schaberg** Reduction in Exhaust Emissions with GTL Diesel Fuel, 20. Internationale VDI/VW – Gemeinschaftstagung. "Kraftstoffe und Antriebe der Zekunft – Synergien fur eine nachhaltige Zukunft?" Wolfsburg, 3–5. Dezember 2003.

13. **Кавтарадзе З.Р., Кавтарадзе Р.З.** Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах // Транспорт на альтернативном топливе. 2009. № 6. С. 59–65.

14. **Возможности** расширения ресурса дизельных топлив с применением лёгких синтетических углеводородов в качестве добавки / В.П. Шкаликова, Г.Т. Газарян, А.Л. Лапидус и др. // Двигателестроение. 1986. № 12. С. 26–29.

15. **Лапидус А.Л.** Синтез углеводородов из окиси углерода и водорода // Химическая промышленность. 1983. № 5. С. 26–27.

16. **Патрахальцев Н.Н., Шкаликова В.П., Русинов А.Р.** Расширение возможности использования природного газа для дизелей // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2005. № 1. С. 38–42.

17. **Petroleum** Economist 2003. Fundamentals of Gas to Liquids. The Petroleum Economist Ltd, London UK.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 °. 13:21:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДВУХТОПЛИВНОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ ISUZU ELF 7.5

И.С. Комаров, Я.В. Сегал (фото)

В непростых экономических условиях, когда топливо дорожает, а объемы грузоперевозок снижаются, предприниматели начинают задумываться о повышении рентабельности работы автотранспорта. В такой ситуации решения, которые еще вчера казались экзотическими, сегодня выглядят вполне привлекательными. Пример – первый официальный двухтопливный грузовик Isuzu.

Малотоннажный газодизельный ISUZU ELF 7.5 – уникальный для российского рынка коммерческого транспорта проект, воплощенный в жизнь специалистами компаний Sollers-Isuzu и ItalGas. Основным топливом для мотора грузовика служит метан, а дизельное топливо используется лишь в качестве запальной дозы. При этом водитель может в любой момент переключить топливную систему с газодизельной смеси исключительно на дизель. Таким образом, решается главная проблема автомобилей, работающих на сжатом газе – их зависимость от наличия поблизости метановых заправок: не секрет, что их у нас в стране пока немного. Впрочем, благодаря программе газификации транспорта, принятой Правительством РФ (распоряжение №767-р от 13.05.2013), количество автомобильных газонаполнительных станций в стране в ближайшее время должно увеличиться в разы.

Попал в переделку

Объект для модернизации был выбран не случайно. Isuzu ELF 7.5 (эта модель до недавнего времени продавалась на нашем рынке под индексом – NPR75) – самый популярный на российском рынке грузовик, на который приходится до 50 % продаж ISUZU в России. Было логично внедрить газодизельную систему именно на этой модели, чтобы потом более точно высчитать суммарный эффект от такой переделки.

Впрочем, хватит теории. Проверим, на какие чудеса способен газодизельный ELF.

Началу тест-драйва предшествовал небольшой конфуз. Обойдя грузовик, я, признаюсь, заподозрил неладное. На борту фургона огромными буквами было написано, что данный автомобиль использует в качестве топлива природный газ. Однако самих признаков газификации машины обнаружить никак не удавалось. Лишь приглядевшись, я заметил справа от топливного бака аккуратные и неприметные трубопроводы, контрольный манометр и миниатюрное заправочное устройство газовой системы. А вот для того, чтобы увидеть баллоны со сжатым метаном, пришлось встать на колени и заглянуть под "брюхо" грузовика.

На предоставленной нам для теста машине четыре баллона для газа (каждый вмещает 12,5 кубов) были аккуратно "вписаны" в подрамник надстройки. При этом, монтаж системы выполнен на очень высоком уровне: складывалось ощущение, что машину переоборудовали "под газ" уже на заводском конвейере. Подобное решение выглядит оптимальным: баллоны защищены от возможных внешних повреждений и, что принципиально важно, газовые емкости совершенно не мешают установке на шасси фургона.

За рулем Isuzu ELF я еще раз убедился, насколько важно ощущение света и простора внутри кабины. Наш тест проходил в серый и дождливый осенний день, но в машине было комфортно и уютно, как дома. Салон отделан практичными материалами, приборная панель, выполненная из добротного пластика, эргономична, проста и функциональна. Удобно устроиться за рулем нетрудно благода-

Наш тест проходил в серый и дождливый осенний день

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:21:52

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ря широкому диапазону регулировок водительского кресла и рулевой колонки. Гидроусилитель руля и компактный рычаг-джойстик шестиступенчатой механической КП превращают езду на «эльфе» в процесс, доставляющий удовольствие. Даже к нетрадиционной схеме работы рычага КП (в исходном положении рычаг смотрит на четвертую и пятую передачи, вторая и третья включаются с отклонением рычага влево, в то время как для включения первой передачи и заднего хода рычаг нужно отвести влево еще дальше) привыкаешь довольно быстро. При этом, подобная схема переключения "скоростей" позволяет раскачивать автомобиль вперед-назад, если машина застряла. От ошибочного использования задней передачи, предохраняет звуковой зуммер.

Внутри кабины ощущение света и простора

Приборная панель весьма информативна

Вырулив в сильный ливень на шоссе и надавив на педаль акселератора, я убедился, что, как ни странно, почти вся грязь от впереди идущих грузовиков неведомым образом обтекает кубическую кабину Isuzu – щетки стеклоочистителей работали, почти не напрягаясь. Автомобиль несся навстречу московским пробкам на скорости под 100 км/ч, крепко вцепившись шинами в далеко не идеальное полотно Симферопольского шоссе.

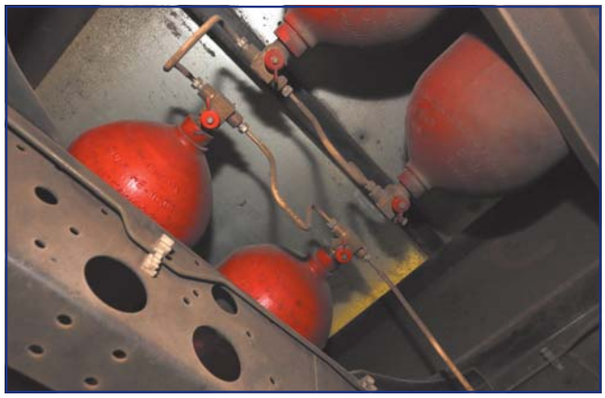
Высоких скоростей ELF не боится. Достойную динамику обеспечивает четырехцилиндровый дизель рабочим объемом 5,2 л и мощностью 155 л.с. Максимальный крутящий момент в 419 Нм достигается в широком диапазоне от 1600 до 2600 об/мин. Такие характеристики мотора позволяют реже переключать передачи, раньше переходить на повышающую ступень в КП, что благоприятным образом сказывается на расходе топлива.

Комфортному и безопасному движению способствует передний стабилизатор поперечной устойчивости, цепкие гидравлические барабанные тормоза на обеих осях (более надежные и простые по сравнению с дисковыми), наличие электронных систем активной безопасности – антиблокировочной системы тормозов (ABS), противобуксовочной

Четырехцилиндровый дизельный двигатель рабочим объемом 5,2 л и мощностью 155 л.с.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:08

Color profile: Disabled
Composite Default screen



Баллоны со сжатым метаном

Максим Попов,
начальник отдела продуктового маркетинга Sollers-Isuzu

системы (ASR) и электронной системы перераспределения тормозных усилий (EBD). Данные опции входят в базовую комплектацию грузовика.

Важно отметить, что автомобиль, работающий на смеси сжатого газа и дизеля, по своим мощностным и техническим характеристикам не отличается от чисто дизельного аналога.

Попав в плотный московский трафик, я понял, что и по городу передвигаться на Isuzu ELF 7.5 вполне комфортно. Обзорность – идеальная. Руль и педали легкие и информативные. Небольшой радиус разворота помогал, не напрягаясь, маневрировать на переполненной в субботний день стоянке перед торговым комплексом "Мега". В то же время, динамика разгона позволила без труда вписаться в интенсивный транспортный поток. Что еще надо для работы в мегаполисе? Пожалуй, навигационная система и хорошая музыка. Но и тут все продумано: места под установку цифровых девайсов на приборной панели ELF расположены удобно. Включай магнитолу, врубай передачу и выезжай на маршрут, все остальное за тебя сделает Isuzu ELF 7.5!

Цифры и факты

Газодизельный Isuzu ELF ничем не отличается от своих чисто дизельных собратьев, кроме одного – установка газового оборудования позволяет значительно сократить издержки на эксплуатацию грузовика, расширяя при этом его "ареал обитания" – дальность поездок. По предварительным расчетам, "газодизельная" технология снижает общие расходы на топливо до 30 %, т.е. при пробеге 50 тыс. км экономия может достигать 100 тыс. руб. Стоимость установки системы на сегодня составляет около 170 тыс. руб. Нетрудно посчитать сроки окупаемости данной аппаратуры. Выглядит заманчиво!

Как рассказал начальник отдела продуктового маркетинга Sollers-Isuzu Максим Попов, идея создания газодизельной версии "эльфа" принадлежит давнему клиенту – компании "Грейн Холдинг", эксплуатирующей автомобили Isuzu с 2006 г. В поисках решений по снижению издержек на транспортные перевозки ее специалисты обратились в Sollers-Isuzu с вопросом о возможности приобретения газовой версии грузовика. После изучения рынка технологий газификации коммерческих автомобилей, клиенту был предложен "газодизельный" вариант машины. При этом, стараясь сэкономить по максимуму, компания "Грейн Холдинг" построила на территории своего рязанского подразделения (ОАО "Рязаньхлеб") собственную газозаправочную станцию – оптимальное решение при использовании двухтопливных грузовиков.

Привлекательность установки на грузовики Isuzu фирменного газодизельного оборудования, одобренного дистрибутором, обусловлена не только вопросами экономии. Это еще и вопрос надежности. Так как проект осуществлялся под эгидой SOLLERS-ISUZU, на газодизельный грузовик, что принципиально важно, сохранены все фирменные гарантии автопроизводителя, а обслуживание и ремонт газового оборудования в ближайшей перспективе будет производиться в дилерских центрах ISUZU. Сохранены также интервалы планового сервисного обслуживания – 20 тыс. км. Данное обстоятельство особенно важно, учитывая, что на российском рынке есть компании, предлагающие переделку грузовиков "под газ" с использованием неспециализированного, неадаптированного под автомобиль газового оборудования: редукторов, баллонов, трубопроводов. Естественно, после такого "апгрейда" автомобиль снимается с фирменной гарантии.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:15

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Высоких скоростей Isuzu ELF не боится

Комментарий эксперта

Алексей Банковский,
технический директор компании ItalGas

Isuzu NPR75K-L – первый в России малотоннажный газодизельный грузовик, на который распространяются привычные условия приобретения и владения: гарантия и лизинг. В ближайшей перспективе – возможность прохождения комплексного ТО газодизельного оборудования в дилерских центрах Isuzu.

Малотоннажный грузовик Isuzu NPR75L-K, использующий природный газ в качестве топлива, был представлен в начале сентября на выставке AUTOTRANS-2014 в Москве. Новинка, разработанная инженерами компании ItalGas совместно с Sollers-Isuzu, вызвала повышенный интерес у посетителей выставки: руководители транспортных компаний и технические специалисты активно интересовались параметрами грузовика, в первую очередь возможной экономией. И это не удивительно, ведь дорожающее дизельное топливо существенно влияет на рентабельность грузоперевозок.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:21

Color profile: Disabled
Composite Default screen

IVECO – ЛИДЕР В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

А.В. Пядушкин

Пьер Лаутт выступает на ежегодной брюссельской конференции Eurogas

Президент компании Iveco Пьер Лаутт выступил на ежегодной брюссельской конференции Eurogas, где рассказал о заинтересованности компании в разработке двигателей на альтернативном топливе и о ключевой роли природного газа в транспортном секторе.

В ходе конференции Iveco предоставила отчет о стратегической роли природного газа в транспортном секторе, подтвердив свое лидерство и заинтересованность индустрии автобусов и коммерческих автомобилей на природном газе. Iveco является единственным производителем грузовых автомобилей, приглашенных к участию в инициативе, организованной ассоциацией Eurogas, которая представляет европейский газ в сфере оптовой и розничной торговли, а также его распространения.

Говоря от лица компании, Пьер Лаутт подчеркнул важность экономичного транспорта как главного фактора развития и конкурентоспособности в Европе. Он также отметил, что расширение доли использования природного газа и биометана в качестве топлива – это отличное техническое решение для снижения уровня вредных выбросов CO_2 в транспортном секторе.

Компания Iveco руководствуется документом, недавно принятым Европейской комиссией, согласно которому Европа обязуется декарбонизировать транспортный сектор за счет использования биотоплива и сжиженного природного газа в основе своей транспортной политики.

В своем выступлении президент Iveco заявил: "Наша компания является европейским лидером в производстве автомобилей на природном газе. Уже 25 лет мы работаем в этом секторе. Благодаря нашей технологии разработки двигателей бренды Iveco и Iveco Bus с гордостью демонстрируют широкий ассортимент автомобилей на природном газе. Мы уже продали более 13 тыс. машин, включая легкие, средние и тяжелые грузовики, а также автобусы. У техники Iveco есть несколько весомых преимуществ с точки зрения экономичности и защиты окружающей среды: общая экономия по совокупной стоимости владения автомобилем может достигать 10 %. За счет большого спектра грузовых автомобилей на природном газе Iveco является идеальным партнером: мы помогаем клиенту сохранить качество воздуха и предоставляем ему возможность экономии при работе с нашими машинами".

Двигатель, работающий на природном газе, значительно более экономичен, чем двигатель

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:29

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Заправка биометаном грузового автомобиля Iveco Stralis

на дизельном топливе, что обеспечивает снижение расходов на топливо до 40 %. Это является наиболее важным фактором при оценке совокупной стоимости владения автомобилем.

Использование метана и жидкого метана очень важно, так как данные виды топлива являются переходной стадией к еще более экологически устойчивым решениям, включая создание топлива из возобновляемых ресурсов. Двигатели, установленные на автомобили Iveco, уже могут работать с биометаном. Распространение двигателей на биометане имеет большое значение, так как оно позволит добиться того, что 10 % транспортного топлива будет добываться из возобновляемых источников (что предусмотрено в Директиве 2009/28/ЕС по продвижению использования энергии из возобновляемых источников).

Компания Iveco, входящая в состав CNH Industrial, разрабатывает, производит и реализует широкую гамму легких, средних и тяжелых коммерческих автомобилей, внедорожных грузовиков, городских и междугородных автобусов, а также специальных автомобилей – пожарных, внедорожных, автотехники для нужд вооруженных сил и гражданской обороны. Компания Iveco предлагает полный модельный ряд коммерческих автомобилей и автобусов, работающих на газовом топливе.

В компании работают более 25 тыс. человек. Iveco владеет заводами в 11 странах мира, на которых используются передовые технологии. За пределами Европы компания ведет активную деятельность в Китае, России, Австралии, и Латинской Америке. Наличие более 5000 сервисных центров более чем в 160 странах мира позволяет обеспечить техническое обслуживание и поддержку в любой точке, где эксплуатируется техника Iveco. Адрес сайта компании в сети Интернет.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:33

Color profile: Disabled
Composite Default screen

8-Й МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВТОТРАНСПОРТНЫЙ ФЕСТИВАЛЬ "МИР АВТОБУСОВ"

А.С. Суворов

С 12 по 15 мая с.г. в Коломне прошел 8-й Международный автотранспортный фестиваль "Мир автобусов". В этом году, несмотря на экономический кризис, участниками фестиваля стали 70 компаний из 12 стран мира. Около 50 автобусов были выставлены в экспозиции.

В церемонии открытия фестиваля приняли участие министр транспорта Московской области Александр Зайцев, генеральный директор ГУП МО "Мострансавто" Вадим Сидоренков, глава городского округа Коломна Галина Грачева, глава Коломенского муниципального района Андрей Ваулин, заместитель председателя Московского областного комитета профсоюзов работников автотранспорта и дорожного хозяйства Юрий Смекалин, директор МАП № 2 "Автоколонна 1417" Николай Сиделев. Право дать торжественный старт фестивалю в год 70-летия Победы организаторы предоставили ветеранам предприятия, участникам Великой Отечественной войны капитану армейской разведки Петру Васильевичу Мальцеву и старшине зенитных войск Николаю Николаевичу Приступе.

Группа ГАЗ

Отечественная корпорация из Нижнего Новгорода показала новинки автобусной техники – модели "Вектор-3", автобус среднего класса ЛИАЗ-4292 и туристический автобус "Круиз".

"Вектор-3" выполнен на шасси Isuzu, автобус с трехрядной планировкой салона обладает высокой маневренностью и уменьшенными габаритами. Низкопольный автобус ЛИАЗ-4292 при длине 9,5 м сохраняет конкурентные преимущества транспорта большого класса: возможность наклона кузова в сторону дверей, функцию электронного управления подвеской и др. Серийное производство новых моделей автобусов "Вектор-3" и ЛИАЗ-4292 начнется в 2015 г.

Автобус для городских и пригородных перевозок "Вектор-3"

Автобус малого класса для городских и пригородных перевозок "Вектор-3" имеет трехрядную планировку пассажирского салона. Новая модель сочетает в себе надежность проверенных многолетними испытаниями шасси Isuzu и современный внешний вид. Машина рассчитана на транспортировку 33 пассажиров, включая 20 посадочных мест. Автобус "Вектор-3" на шасси Isuzu оснащается двигателем мощностью 123 л.с. экологического стандарта "Евро-4" и механической коробкой передач Isuzu. Высокий крутящий момент силового агрегата (354 Нм при 1500 об/мин) обеспечивает хорошую управляемость. Автобус имеет эффективные экономические показатели: низкий расход топлива, межсервисный интервал обслуживания – 15 тыс. км, высокую доступность запасных частей, сбалансированный ресурс кузова и силового агрегата. Панорамное лобовое стекло увеличивает обзор для водителя и пассажиров. В качестве дополнительных опций возможна установка видеорегистратора наружного и внутреннего наблюдения, цифрового тахографа, ГЛОНАСС/GPS, кондиционера, аудиосистемы, противотуманных фар, тонированных стеклопакетов, автоматических клапанов для слива конденсата из ресиверов, различных вариантов пассажирских кресел, окраска кузова в цвет металлик и пр.

Низкопольный автобус для городских перевозок ЛИАЗ-4292 является прототипом автобуса среднего класса, который будет выпускаться на Ликинском автобусном заводе. ЛИАЗ-4292 рассчитан на транспортировку 75 пассажиров включая 18 посадочных мест и одно место для перевозки маломобильных пассажиров. Автобус оборудуется дизельным двигателем ЯМЗ мощностью 210 л.с. экологического стандарта "Евро-5", автоматической коробкой передач и мостами ZF. Он оснащен системой видеонаблюдения, пожаротушения, цифровым тахографом и навигационным оборудованием ГЛОНАСС. Обновленный экстерьер и интерьер автобуса, рабочее место водителя спроектированы в соответствии с требованиями международных стандартов по комфорту и эргономике. Низкий уровень пола обеспечивает удобную посадку и высадку пассажиров, сокращая время прохождения автобуса по маршруту на 15 % по сравнению с другими моделями автобусов. Машина адаптирована для обслуживания маломобильных пассажи-

Низкопольный автобус для городских перевозок ЛИАЗ-4292

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:46

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Междугородний автобус "Круиз"

Стенд автобусов КАМАЗ

Газовый НЕФАЗ-52994-40-51

ров: автобус оборудован системой "книлинг" (наклон кузова в сторону дверей на 7°), механической аппарелью. Электронная функция управления подвеской позволяет приподнять и опустить автобус для преодоления сложных участков маршрута.

Автобус "Круиз" на шасси Scania соответствует экологическому стандарту "Евро-5". Автобус вмещает 45 пассажиров и идеально подходит как для туристических, так и для междугородних маршрутов большой протяженности. Автобус комплектуется двигателем Scania мощностью 400 л.с. Увеличенный объем багажных отсеков (10 м^3), электронная система управления подвеской с функцией подъема и опускания кузова для преодоления сложных участков дороги, индивидуальные сервис-блоки для пассажиров обеспечивают комфорт при дальних перевозках. Автобус имеет широкий набор опций: систему пожаротушения в моторном и багажных отсеках, датчики задымления в салоне, пять камер видеонаблюдения, Wi-Fi, бортовой навигационный связной терминал, обеспечивающий связь с диспетчерским пунктом и др. В базовую комплектацию автобуса входит двойной стеклопакет, системы "климат-контроль" и "круиз-контроль", бортовой компьютер, цифровой тахограф, элекрообогрев боковых стекол, автоматический привод управления коробкой передач Opticruise, ремни безопасности.

КАМАЗ

КАМАЗ представил в Коломне полностью низкопольный городской НЕФАЗ-5299-40-51 с дизельным двигателем уровня "Евро-5" и газовый НЕФАЗ-52994-40-51 с обновленным интерьером. Кроме того, СП "КАМАЗ-Marco" продемонстрировала Bravis в "школьном" и пригородном исполнении.

Каркасный кузов автобуса НЕФАЗ-52994-40-51 на компримированном (сжатом) природном газе сварен из металла, оцинкованного с двух сторон. Это позволило обеспечить пассажирскую машину заводской гарантией от сквозной коррозии сроком 12 лет.

Особенности конструкции: заднее расположение двигателя, открывание дверей внутрь, управление дверьми – электропневматическое. Вентиляция комбинированная, через форточки и люки крыши. В базовой комплектации используется книлинг – система принудительного наклона кузова. Она повышает удобство посадки и высадки и позволяет сократить время пребывания на остановках. В зависимости от исполнения, при наличии 25 кресел общая пассажировместимость достигает 105 или 116 человек. Высота пола на передней и задней площадке составляет 340 мм. Ширина прохода в дверях достигает 1200 мм, расстояние от пола до потолка – 2545 мм.

В моторной шахте установлен шестицилиндровый рядный дизель Mercedes-Benz OM 906 LAG/EEV ("Евро-5") рабочим объемом 6,9 л, мощностью 279 л.с. и максимальным кутящим моментом 1000 Нм. Объем заправляемого природного газа под давлением 200 атм. в восемь баллонов объемом 984 л (по 123 л) достигает 197 м^3. Запас хода на одной заправке составляет от 400 до 500 км.

Scania

Шведская компания показала на фестивале междугородний автобус Scania Higer A80. Данная модель отличается не только высокими стандартами безопасности, надежностью и высоким уровнем комфорта, но также универсальностью. Автобусы предлагаются в двух вариантах: для междугородних и туристических поездок.

По завершении выставки в торжественной обстановке ключи от автобуса Scania Higer A 80 были переданы Николаю Сиделеву, директору МАП № 2 "Автоколонна 1417" для тестовой эксплуатации. "С компанией "Скания-Русь" мы заключили соглашение о передаче на тестирование автобуса Scania Higer A80 на срок 6 месяцев. Работая вместе над одним проектом, мы сможем достичь поставленных целей, предложить пассажирам транспорт, отвечающий европейским стандартам, и сделать автобусные перевозки по-настоящему привлекательными и востребованными".

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:22:58

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Междугородний автобус Scania Higer A80

Два туристических автобуса Setra S419 GT-HD

Как известно, автобусы Scania высоко ценятся благодаря своей хорошей управляемости, эргономике водительского места и топливной экономичности. Они оснащены автоматизированной коробкой переключения передач Scania Opticruise, экономичным двигателем мощностью до 400/440 л.с. стандарта "Евро-4"/"Евро-5", оборудованы багажными отделениями большого объема туристические модели оснащены туалетом и удобной мини-кухней.

"Востребованное на российском рынке решение – автобус Scania Higer A80, отвечает запросам взыскательных клиентов. Надеемся, что благодаря нашему взаимодействию с предприятием "Автоколонна 1417", российские пассажиры смогут оценить достоинства автобуса Scania", – прокомментировал Дариус Сниешка, директор департамента автобусов и двигателей ООО "Скания-Русь".

Приобретая автобусы Scania, возможно воспользоваться удобными схемами финансирования от компании "Скания Лизинг" и поддержкой в области обучения водителей и сервисного обслуживания на территории всей России.

Стоит еще отметить, что, начиная с этого года, автобусы Scania оборудованы системой FMS. Данная система дает в режиме настоящего времени необходимую информацию о местоположении, показателях автобуса и поведении водителя, что позволяет значительно повышать эффективность автопарка.

Mercedes-Benz и Setra

На открытой площадке представлены два туристических автобуса Setra S419 GT-HD, белого и зеленого цвета. Российская премьера состоялась в 2012 г. Этот автобус – "самолет" заинтересовал российских транспортников своим уникальным расположением второй двери в заднем свесе, после третьего моста. Максимально возможное количество мест – до 67 позволяет оптимизировать затраты в пересчете на пассажиро-километр.

Автобус поставлен в самой современной технической комплектации, что гарантирует безопасность водителя и пассажиров. В базовую комплектацию входят различные системы активной и пассивной безопасности: антиблокировочная система ABS, противобуксовочная система ASR, электронная тормозная система EBS, система экстренного торможения BA, электронная система стабилизации движения ESP, система экстренного торможения BA, темпомат контроля скорости на спусках DBL.

Пригородный автобус Mercedes-Benz Conecto был показан в павильоне на стенде ООО "ЕвоБус Русслэнд"

Высокопольный пригородный автобус Conecto (сейчас имя Conecto носят только низкопольные городские машины) являет собой пример образцовой эксплуатации автобуса. Представленный на стенде ООО "ЕвоБус Русслэнд", автобус был поставлен 8 лет назад в "Мострансавто" в рамках программы обновления парка Московской области. Всего 600 автобусов вышли на дороги Подмосковья. На данный момент пробег этого автобуса составил 775 528,6 км, средний КТГ 0,976, средний КИП 0,951 при продолжительности работы на маршруте №48 в 8,5 часов в день. Средний расход топлива (за первый квартал 2015 г.) у этого автобуса – 34,6 л, средний годовой пробег – 106 929,6 км. Техническое обслуживание проводится в установленные регламентом сроки. Отличное состояние этого обычного рейсового восьмилетнего автобуса марки Mercedes-Benz еще раз наглядно подтверждает высокий уровень качества автобусов Mercedes-Benz.

Использование оригинальных запасных частей проверенного качества OMNIplus и проведение сервисного обслуживания профессионалами обеспечивает высокие показатели готовности выхода автобуса на линию.

IVECO

Компания Iveco Bus представила новый городской низкопольный автобус Crossway Low Entry, междугородний Crossway и городской маршрутный автобус FeniksBus.

С каждым годом к современному транспорту предъявляются все более жесткие требования с точки зрения экономичности, экологичности и комфорта для пассажиров. По мнению Iveco, представленные модели задают направление, на которое должны ориентироваться предприятия транспортного сектора, обеспокоенные поиском более эффективных решений для планового обновления парка и снижения совокупной стоимости владения.

Представленная новинка – городской низкопольный Crossway LE – имеет большие перспективы на рынке пассажирских перевозок благодаря удобному доступу в салон, хорошей организации внутреннего пространства и высокой экономичности. Все эти качества в сочетании с доступной ценой делают его подходящим решением для обновления городских парков. Его "напарник" по стенду – 12-метровый

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:23:08

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Пригородный автобус Mercedes-Benz Conecto

Низкопольный автобус Crossway Low Entry

Туристический автобус MAN Lion's Coach и междугородний MAN Lion's Regio

междугородний Crossway – не самая новая модель в линейке Iveco: модель выпускается на заводе в Чехии с 2006 г. Однако, по словам представителей компании, именно это позволило Crossway достичь определенных успехов в освоении рынка: многие российские перевозчики придерживаются консервативных взглядов и предпочитают проверенные решения, хорошо зарекомендовавшие себя при эксплуатации в непростых климатических и дорожных условиях. Надежность Crossway подтверждена статистикой: на сегодняшний день на дорогах Европы эксплуатируются более 22 000 единиц этой модели. На выбор производитель предлагает три варианта длины кузова: 10,8; 12 и 13 м.

Безусловно, своим успехом Crossway обязан надежному двигателю Cursor 8 мощностью 330 л.с., который удачно сочетается с шестиступенчатой "механикой" от ZF или с автоматической трансмиссией Voith. Кстати, доступен силовой агрегат в исполнениях "Евро-3", "Евро-4", "Евро-5" и "Евро-6". Комплектация обоих Crossway довольно схожая. Основные различия касаются организации салонного пространства и высоты пола. Междугородняя и городская версия рассчитаны на перевозку 51 и 112 человек соответственно. Автобусы имеют все необходимое для обеспечения должного комфорта водителя и пассажиров: двойное остекление, продуманную систему вентиляции и отопления, термо- и гидроизоляцию салона, а также много полезных "мелочей", призванных повысить эргономику водительского места. Следует отметить и высокую коррозийную стойкость автобусов. Кузова тщательно подготовлены к непростым погодным условиям и активно сопротивляются преждевременному "старению", вызванному обильным использованием противогололедных реагентов в зимний период. Это позволяет объявить достойную цену на вторичном рынке и таким образом снизить совокупную стоимость владения.

MAN

На стенде MAN были представлены два экспоната: туристический автобус Lion's Coach (R07) и междугородний Lion's Regio (R12).

Туристический MAN Lion's Coach оборудован двигателем MAN D 2066 LOH 07 стандарта "Евро-4" и мощностью 400 л.с. Дизайн его экстерьера сразу позволяет в нем легко узнать представителя "автобусной семьи" MAN. Это огромное затемненное ветровое стекло, эта немецкая строгость линий и отсутствие дешевых блестящих финтифлюшек сразу говорят о происхождении и классе машины. Как известно, с аэродинамикой у автобусов вагонной компоновки всегда дела обстояли не очень, но тут конструкторы сделали всё что могли. Стекло имеет сильно закругленные края, весь фас автобуса выглядит очень выпуклым.

Междугородний MAN Lion's Regio оснащен двигателем MAN D 2066 LUH 22 стандарта "Евро-4" мощностью 310 л.с. Особенностью междугороднего автобуса является подъемник для инвалидной коляски, расположенный у второй двери.

Представленные автобусы хорошо зарекомендовали себя на российском рынке и являются лидерами клиентских предпочтений среди автобусов компании MAN.

РУСБИЗНЕСАВТО

Компания "Русбизнесавто" показала новый полутораэтажный туристический автобус большого класса Higer KLQ6122B.

Новый автобус имеет 12-метровый кузов и три варианта планировки салона на 47, 49 или 51 пассажира. Первый вариант предлагает повышенную комфортность за счет увеличения расстояния между рядами сидений и предусматривает установку холодильника, а также аппарата для нагрева/охлаждения воды. Вариант на 49 пассажирских мест предполагает наличие биотуалета или спального места водителя, аппарата для нагрева/охлаждения воды, холодильника. Третий вариант, рассчитанный на 51 пассажира, мо-

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:23:23

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Туристический автобус Higer KLQ6122B

Автобус для городских и пригородных перевозок МАЗ-232

жет быть со спальным местом водителя или без него. Кроме того, во всех трех вариантах предусмотрено место для гида.

Салон автобуса уже в базовой комплектации оснащен аудиовидеосистемой с двумя LCD-мониторами. Регулируемые пассажирские кресла с функцией выдвижения в проход отличаются повышенной комфортностью. В качестве дополнительного оборудования предлагаются кондиционер, тахограф, круиз-контроль, спутниковая система ГЛОНАСС. Кроме того, автобус может быть оснащен системой G-BOS, которая позволяет отслеживать его местонахождение, скорость, расход и остаток топлива, информацию о резких торможениях – все это дает возможность оценить работу водителя.

Higer KLQ6122B комплектуется 340-сильным турбонаддувным дизелем Cummins ISL340, который соответствует экологическому классу "Евро-5". Коробка передач – механическая шетиступенчатая S6-160ZF производства Qijiang Gear Transmission Co., Ltd. Максимальная скорость автобуса – 100 км/ч.

МАЗ

МАЗ привез в Коломну три образца пассажирской техники. МАЗ-206085 разработан для использования в городских условиях на маршрутах средней загруженности. Это сравнительно небольшой автобус, обладающий отличной маневренностью и высокими эксплуатационными характеристиками. В сочетании с доступной ценой это позволяет называть МАЗ-206085 одним из лучших представителей автобусов своего класса. При создании МАЗ-206085 учтены высокие экологические требования. Двигатель автобуса отвечает стандарту "Евро-5". При этом силовой агрегат развивает достаточно высокую мощность и обеспечивает длительную бесперебойную работу. За отличные ходовые качества автобуса отвечают шестиступенчатая автоматической КП с пневматической подвеской.

Стенд автобусов МАЗ

Еще одна представленная на фестивале модель – девятиметровый МАЗ-232, который предложен к выпуску в двух модификациях: пригородной и междугородной, общей вместимостью 50 и 35 пассажиров соответственно. В отличие от близкого по габаритам городского МАЗ-206, данный автобус значительно выше, а потому обладает вместительными багажными отсеками. Машина оснащена дизелем Mercedes-Benz мощностью 160 л.с. и механической шестиступенчатой КП производства ZF.

Особое внимание привлёк к себе новейший городской газовый автобус большого класса МАЗ-103965, созданный на базе популярной модели МАЗ-103 Особенности автобуса – двигатель Mercedes-Benz пятого экологического стандарта, работающий на метане, автоматическая коробка передач Allison.

KING LONG

Нынешний "Мир автобусов" продемонстрировал одну примечательную тенденцию. Отныне ведущие китайские автобусостроительные компании сертифицируют на российском рынке модели уже известных потребителям автобусов с двигателями, работающими на природном газе.

Так, один из азиатских лидеров – компания King Long – представила туристический автобус King Long XMQ6120C в газовой версии: уникальное предложение на российском рынке автобусов. Специально для российского рынка выполнено двойное остекление. Модель XMQ6120C оснащается двумя типами двигателей: традиционным дизельным Cummins и газовым Yuchai. В газовой версии запас топлива хранится в семи баллонах, три из которых размещены на крыше автобуса. Это позволяет освободить больше места под пассажирским салоном и сделать более вместительный багажный отсек, который в газовой версии составляет 2,3 м^3.

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:23:48

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Автобус King Long XMQ6120C в газовой версии

Пригородный автобус FOXBUS

На все модели газовых автобусов King Long устанавливаются двигатели производства компании Yuchai. Это крупнейший производитель двигателей в Китае, существующий с 1951 г.

FOXBUS

Автобус FOXBUS отличается от своих собратьев ярким оригинальным дизайном, благодаря чему он гармонично смотрится как в большом мегаполисе, так и в пригородном ландшафте. Нестандартный облик привлекает к себе внимание с первого взгляда и никого не оставляет равнодушным. Рекламные компании обратили на это внимание, рассчитывая на дополнительный интерес со стороны рекламодателей, размещающих рекламу на бортах автомобилей.

Автобус FOXBUS уже в стандартной комплектации имеет высокую оснащенность – комфортабельный салон с широкими проходами выполнен с огромным панорамным остеклением и форточками. В потолке имеются два больших стеклянных вентиляционных люка, две электрические сдвижные двери типа "слайдер" (дверной проем 800 мм), пневмоподвеска, пассажирские сиденья с ремнями безопасности, удобные поручни и пр.

В качестве ходовой трансмиссии использовано надежное автомобильное шасси IVECO-70 с дизелем рабочим объемом 3 л, шестиступенчатая КП. Гарантия на трансмиссию полностью обеспечивается дилерской сетью IVECO на всей территории России и стран СНГ (гарантия 2 года или 200 тыс. км).

Наружные панели кузова и внутренняя обивка салона выполнены из композитных пластиков, которые имеют высокие эстетические качества и целый ряд уникальных свойств по сравнению с такими традиционными материалами, как металл, АБС пластики и пр.

Деловая программа фестиваля как всегда была насыщенной. На круглых столах и семинарах в эти дни эксперты транспортной отрасли искали способы повысить привлекательность пассажирского транспорта, разгрузить города от легковых автомобилей, очистить воздух от отработавших газов и уберечь горожан от опасностей на дорогах; выясняли, как обеспечить перевозчиков надежным, безопасным, и одновременно доступным по цене подвижным составом и достойной транспортной инфраструктурой; сравнивали возможные схемы организации сервисного обслуживания подвижного состава и разграничивали зоны ответственности перевозчика и производителя; разбирались в деталях транспортного законодательства, делились опытом.

Отвлечься от делового общения гости и участники фестиваля могли на площадках интерактива – прокатиться на ретро-автомобиле, рассмотреть экспозиции военной и ретротехники, заглянуть в автобус-музей, поесть на полевой кухне, сдать нормативы ГТО.

В рамках фестиваля на площадке "Автоколонны 1417" прошел открытый конкурс профессионального мастерства среди водителей автобусов подмосковных транспортных предприятий. Его участниками стали 38 водителей, представляющих государственные и частные транспортные предприятия Московской области. Каждый конкурсант должен был продемонстрировать знание правил дорожного движения и навыки скоростного маневрирования на автобусе ЛиАЗ-5292. В итоге весь пьедестал заняли сотрудники МАП № 2 "Автоколонна 1417". Первым стал Владимир Савельев (Озерское ПАТП). Второе место у Светланы Макаровой (г. Коломна), третье у Сергея Халифаева (г. Коломна). Все трое в личном зачете набрали одинаковое количество очков, поэтому итоговый рейтинг судьи выстраивали по результатам скоростного маневрирования. Лучшее знание ПДД среди участников конкурса показал Андрей Осетров (г. Дубна). Первым в скоростном маневрировании стал Евгений Ходосов (г. Истра).

В день закрытия по традиции организаторы вручили оригинальные дипломы (на этот раз жестяные) участникам фестиваля и назвали лучших в "Мире автобусов". В этом году ими стали:

– "Инновационные технологии" с микроавтобусом FOXBUS (номинация "Лучший микроавтобус");

– "АвтоМазВосток" с автобусом МАЗ-103 (номинация "Лучший городской автобус");

– "Мерседес-Бенц Тракс Восток" с автобусом Setra S 419 GTHD (номинация "Лучший междугородний туристический автобус");

– Компания "Русские Автобусы – Группа ГАЗ" (номинация "Лучший стенд").

agzk7.15(1-56).ps
agzk7.15(1-56)
7 Ł ° 2015 *. 13:24:07