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

Том 16. № 12. 2017 г. Издается с января 2002 г. Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

Ерохов В.И.

Технико-эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей нового поколения. Лекция № 1. Часть 3. Динамические и топливно-экономические параметры газобаллонных автомобилей нового поколения 531

Приведены топливно-экономические и динамические характеристики современных газобаллонных автомобилей. Установлены закономерности изменения топливно-экономических и динамических параметров современных газобаллонных автомобилей нового поколения. Обобщены характеристики топливно-экономических и динамических параметров газобаллонных автомобилей. Приведены параметры запаса хода и предельного подъема при движении газобаллонных автомобилей.

Марков В.А., Зыков С.А., Лобода С.С.

Оценка интегральной токсичности отработавших газов автотракторных дизелей в условиях эксплуатации 545

Показаны преимущества использования топлив растительного происхождения в качестве альтернативных моторных топлив. Исследована работа автотракторного дизеля на смесевых биотопливах, содержащих нефтяное дизельное топливо и рапсовое масло. Проведена оценка экологических качеств таких биотоплив. Предложена методика оценки интегральной токсичности отработавших газов автотракторных дизелей в условиях эксплуатации.

Бижаев А.В., Девянин С.Н., Марков В.А.

Исследование подачи топлива с водой в камеру сгорания дизеля на его показатели 563

Решение экологических проблем в двигателях внутреннего сгорания остается актуальной задачей. Одним из способов ее решения рассматривают добавку воды в цилиндры двигателя вместе с топливом. Подача воды в двигатель может осуществляться различными способами, как вместе с воздухом на впуске, так и вместе с топливом в цилиндр. В представленных результатах приводится анализ влияния способа подачи воды на характеристики двигателя по токсичности отработавших газов, эффективности работы и его тепловому состоянию. Отмечено различное влияние на показатели двигателя способа подачи воды.

ИНФОРМАЦИЯ

Савченко А.С.

Франкфурт-2017: будущее уже сегодня 566

Автосалон во Франкфурте-на-Майне – главное событие года в автомобильной промышленности. Вот и на этот раз громких премьер здесь оказалось больше, чем на всех мотор-шоу вместе взятых. Но мы отметим самые интересные модели и, пожалуй, начнем с концепт-каров.

Суворов А.С.

В Санкт-Петербурге финишировал автопробег "Голубой коридор – 2017" 570

5 октября 2017 г. в Санкт-Петербурге в рамках VII Петербургского международного газового форума состоялся финиш международного автопробега техники на природном газе "Голубой коридор – 2017: Иберия–Балтия". В торжественной церемонии финиша приняли участие заместитель председателя правления ПАО "Газпром" Виталий Маркелов и генеральный директор, член правления Uniper SE Клаус Шефер.

Аварийно-ремонтная мастерская и мусоровоз на сжатом природном газе 571

Scania расширяет гамму автобусов, работающих на альтернативных видах топлива 572

"НЕФАЗу" исполнилось 40 лет 572

Указатель статей, опубликованных в журнале АГЗК+АТ в 2017 г. 573

Учредитель
ООО "Издательство "Инновационное 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:
член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов** (Респ. Татарстан, г. Казань)
д.т.н. **В.И. Ерохов** (Московский Политехнический университет, г. Москва)
д.т.н. **Н.Г. Кириллов** (ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)
д.т.н. **И.М. Коклин** (ООО "Газпром Трансгаз Ставрополь")
член-корр. НАН **Ю.Н. Литвишков** (Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван** (Беларусь, г. Минск)
д.т.н. **В.А. Марков** (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
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
И.Л. Сильченкова

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
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru
Подписано в печать 27.11.2017 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении по каталогу "Пресса России"– индекс **39543**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). **Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77–63954**

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", 2017

АГЗК + АТ

«AutoGas Filling Complex + Alternative fuel»

AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

Vol. 16. № 12. 2017 г. Published from January, 2002 Periodicity – monthly

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

CONTENTS

SCIENCE

Erokhov V.I.

Technical and operational characteristics of gas-cylinder vehicles of the new generation. Lecture № 1. Part 3. Dynamic and fuel-economic parameters-cylinder cars of the new generation 531

Given a fuel-economic and dynamic characteristics of modern gas cars. The regularities of changes in the fuel-economic and dynamic parameters of a modern gas car of a new generation. Summarizes the characteristics of the fuel-economic and dynamic parameters of gas-cylinder cars. Given the parameters of the reserve and lift cylinder cars.

Markov V.A., Zykov S.A., Loboda S.S.

Evaluation of integral toxicity of exhaust gases of automotive diesel engines under operating conditions 545

Advantages of using fuels of vegetable origin as alternative motor fuels are shown. Functioning of the automotive diesel engine running on biofuel mixtures containing petroleum diesel fuel and rapeseed oi is investigated. Evaluation of environmental characteristics of such biofuels is carried out. Technique of evaluation of integrated toxicity of exhaust gases of automotive diesel engines under operating conditions is suggested.

Bizhaev A.V., Devyanin S.N., Markov V.A.

The study of fuel delivery with water into the combustion chamber of a diesel engine on its indicators 563

Solving environmental problems in internal combustion engines remains an urgent task. One way to solve it is to add water to the engine's cylinders along with the fuel. The water can be supplied to the engine in various ways, both with air at the inlet and with the fuel in the cylinder. The presented results analyze the effect of the water supply method on the engine performance by exhaust gas toxicity, operating efficiency and its thermal state. There is a different effect on the engine performance of the water supply method.

INFORMATION

Savchenko A.S.

Frankfurt-2017: the future today 566

The motor show in Frankfurt am Main is the main event of the year in the automotive industry. Here and this time loud prime-minister here has appeared more, than on all motor-show together taken. But we will note the most interesting models and, perhaps, we will start with concept cars.

Suvorov A.S.

In St. Petersburg, the motor race "Blue Corridor – 2017" finished 570

October 5, 2017 in St. Petersburg within the framework of the 7th St. Petersburg International Gas Forum the finish of the international motor rally on natural gas "Blue Corridor – 2017: Iberia–Baltia" was held. The closing ceremony was attended by Vitaly Markelov, Deputy Chairman of the Board of PJSC Gazprom, and Klaus Schaefer, CEO of Uniper SE.

Emergency repair shop and garbage truck on compressed natural gas 571

Scania extends the range of buses operating on alternative fuels 572

NEFAZ celebrated its 40th anniversary 572

Index of articles published in the journal AGZK + AT in 2017 573

Founder
LLC "Publishers "Innovative mashinostroenie"

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:
corresponding member of the AS RT **G.S. D'yaconov** (Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **V.I. Erohov** (Moscow Polytech, University, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov** (LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **I.M. Koklin** (LLC "Gazpom Transgaz Stavropol")
corresponding member of the ANAS **Yu.N. Litvishkov** (Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan** (Belarus, Minsk)
academician of the RANS doct. of techn. sc. **V.A. Markov** (Bauman MSTU, Moscow)
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
I.L. Silchenkova

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
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office indexe "The Russian Press" – **39543**

The magazine is registered with the Federal agency for Supervision of Communications, Information Technology and Communications (Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–63954**

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

© LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers, "Autogas filling complex + alternative fuel", 2017

УДК 621.436.7.013

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ. ЛЕКЦИЯ № 1. ЧАСТЬ 3. ДИНАМИЧЕСКИЕ И ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

В.И. Ерохов, д-р техн. наук, Московский политехнический университет (Московский политех)

Приведены топливно-экономические и динамические характеристики современных газобаллонных автомобилей. Установлены закономерности изменения топливно-экономических и динамических параметров современных газобаллонных автомобилей нового поколения. Обобщены характеристики топливно-экономических и динамических параметров газобаллонных автомобилей. Приведены параметры запаса хода и предельного подъема при движении газобаллонных автомобилей.

Ключевые слова: *динамические характеристики газобаллонных автомобилей; выбег автомобиля; городской, магистральный и загородный испытательный циклы; расход топлива; топливная экономичность; дорожная экономическая характеристика; запас хода; преодоление предельного подъема.*

TECHNICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF GAS-CYLINDER VEHICLES OF THE NEW GENERATION. LECTURE №1. PART 3. DYNAMIC AND FUEL-ECONOMIC PARAMETERS-CYLINDER CARS OF THE NEW GENERATION

Erokhov V.I., Professor of the Moscow Polytechnic University (Moscow Polytechnic), Ph.D.

Given a fuel-economic and dynamic characteristics of modern gas cars. The regularities of changes in the fuel-economic and dynamic parameters of a modern gas car of a new generation. Summarizes the characteristics of the fuel-economic and dynamic parameters of gas-cylinder cars. Given the parameters of the reserve and lift cylinder cars.

Keywords: *dynamic characteristics of gas-cylinder cars; out car; city, and country of main test cycles; fuel consumption; fuel efficiency; road economic characteristics; range; overcoming the limit of recovery.*

Показатели динамических и топливно-экономических качеств газобаллонных автомобилей рассматривают в функции скорости $D = f(V)$ и расхода топлива $Q_{\text{Т}} = f(V)$. Широкая популярность и привлекательность этих характеристик в значительной степени объясняются простотой их определения и достаточно высокой стабильностью изучаемых параметров.

На АТ существует понятие "топливная экономичность" и "расход топлива". Нередко эти понятия отождествляют или применяют их как синонимы [1, 2].

Топливная экономичность представляет собой способность автомобиля выполнять транспортную работу или перевозку пассажиров с минимально возможными затратами топлива в строго определенных условиях.

Общепринятыми измерителями топливной экономичности газобаллонных автомобилей являются экономическая характеристика автомобиля и удельные показатели экономичности двигателя. Параметры топливной экономичности, входящие в перечень технических характеристик транспортного средства, применяют для сравнительной оценки достигнутого технического уровня совершенства конструкции газобаллонных автомобилей.

Эффективность автомобиля в эксплуатационных условиях характеризуется расходом топлива на единицу мощности двигателя или выполненной работы. Расход топлива представляет количество жидкого топлива или газа, потребляемое автомобилем в зависимости от технического его состояния или условий эксплуатации.

В научных исследованиях и при проведении эксплуатационных испытаний ГБА одним из основных критериев оценки топливной экономичности принята дорожная экономическая характеристика, а автомобильных двигателей – удельный расход топлива на единицу производимой работы.

Дорожная экономическая характеристика представляет собой расход топлива в зависимости от установившейся минимально устойчивой до максимальной скорости движения газобаллонных. Испытания газобаллонных автомобилей на топливную экономичность проводят на строго горизонтальном прямолинейном участке дороги с твердым асфальтобетонным покрытием, протяженность которого должна быть не менее 5 км, а его длина составляет не менее 1 км. Топливную экономичность автомобиля оценивают расходом топлива в литрах на 100 км пробега, определяемого по формуле

$$Q_{\text{Т}} = (V / S) \cdot 100, \text{ л}/100, \qquad (1)$$

где $Q_{\text{Т}}$ – расход топлива, л/100 км; V – количество топлива, израсходованного на мерном участке, л; S – длина мерного участка, км.

Дополнительными критериями оценки топливной экономичности автомобиля являются: контрольный и средний эксплуатационный расход топлива в городских условиях (городской цикл),

 ISSN 2073-8323

а также расход топлива в дорожных условиях (магистральный цикл), имитирующих городские режимы движения.

Лабораторно-дорожные характеристики определяют при изменении постоянной скорости движения легковых автомобилей 30–120 км/ч, а грузовых 20–80 через каждые 10 км/ч. В процессе получения экономической характеристики проводят измерение расхода топлива на мерном участке и регистрацию основных параметров: разрежение за дросселем, скорость движения автомобиля, частоту вращения коленвала (КВ) двигателя, время прохождения мерного участка, температуру масла в картере заднего моста, температуру наружного воздуха, барометрическое давление и температуру воздуха перед дроссельной заслонкой. Разрежение за дросселем и частота вращения КВ двигателя в дальнейшем принимаются в качестве установочных (исходных) параметров для воспроизведения реальных условий движения на динамометрическом стенде.

Инструментальное обеспечение дорожных испытаний имеет важное значение.Тарировку расходомера производят весовым и объемным способом с помощью мерных баллонов.

Перед снятием дорожной экономической характеристики проводят прогрев трансмиссии и шин автомобиля до рабочих температур, которые контролируют по стабилизации расхода топлива и контрольному выбегу (свободному качению) со скорости 50 км/ч до полной остановки. Стабилизация расхода топлива наступает после пробега автомобиля 15 –30 км при изменении температуры атмосферного воздуха в пределах 5 – 20 °С.

Выбег газобаллонного автомобиля (в зависимости от полной массы) изменяется в широких пределах (600–3000 м). Выбег автомобиля определяют путем свободного его качения при разобщении двигателя и трансмиссии.

В реальных условиях эксплуатации автомобильные двигатели 75–80 % времени работают на неустановившихся режимах. Разгон автомобиля, занимающий 38–42 % в общем балансе времени пребывания газобаллонного автомобиля на линии, относят к наиболее характерным режимам его работы в реальных условиях эксплуатации.

Динамические характеристики (разгон) газобаллонных автомобилей определяют с места путем последовательного переключения передач с низшей до высшей и с минимально устойчивой скорости движения на прямой передаче путем резкого открывания дросселя. Регистрация динамических параметров (разгон–выбег) осуществлялась при помощи прибора "путь–время–скорость" (пятое колесо).

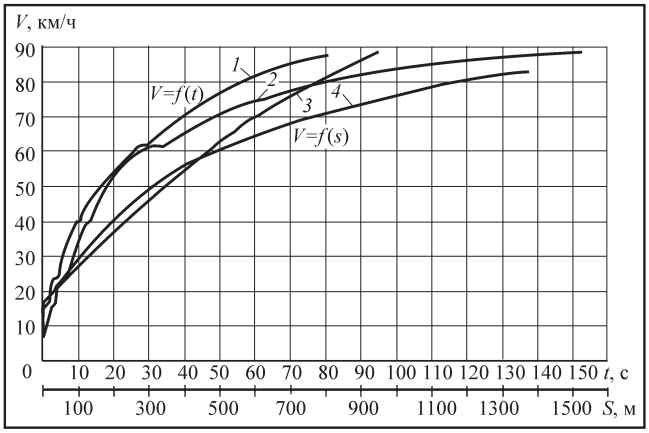


Рис. 1. *Динамические характеристики базового автомобиля ЗИЛ-433360:*
1, 3 – разгон автомобиля соответственно с места путем последовательного переключения передач и с минимально установившейся скорости (без груза); *2,4* – разгон автомобиля соответственно с места путем последовательного переключения передач и с минимально установившейся скорости (груз 6 т)

Динамические характеристики базового автомобиля ЗИЛ-433360 при работе на бензине приведены на рис. 1.

При работе автомобиля ЗИЛ-433360 на СУГ и КПГ со штатной системой питания динамические качества снижаются на 5 – 6 и 7– 8 % соответственно.

Динамические характеристики базового автомобиля ЗИЛ-433360 приведены на рис. 2.

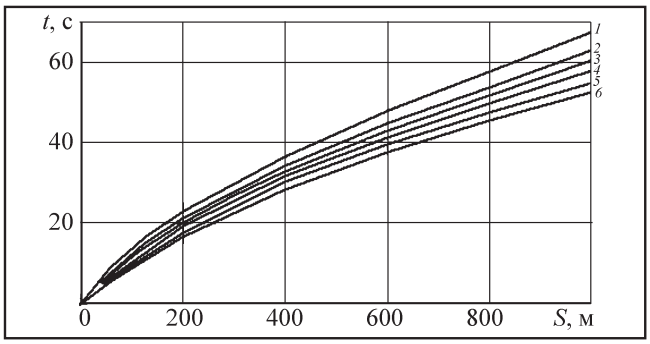


Рис. 2. *Динамические характеристики базового автомобиля ЗИЛ-433360 с различной нагрузкой:*
1 – 5 т; *2* – 4 т; *3* – 3 т; *4* – 2 т; *5* – 1 т; *6* – без груза

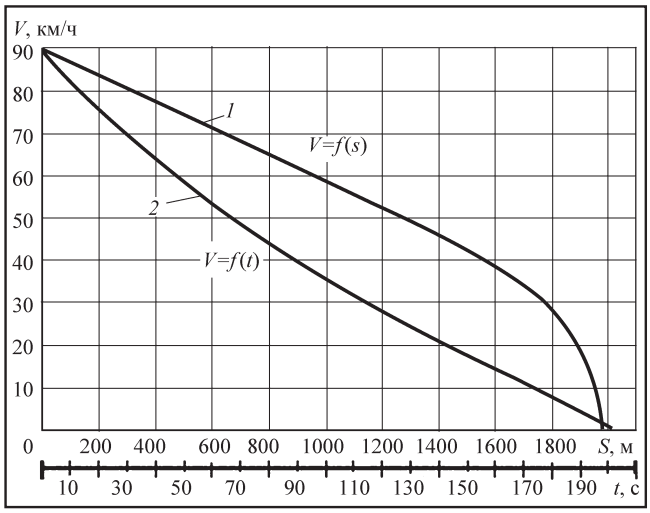


Рис. 3. *Выбег базового автомобиля ЗИЛ-433360 со скорости 90 км/ч до полной его остановки:*
1 – продолжительность свободного качения до скорости, с; *2* – продолжительность свободного качения на мерном участке до текущей скорости, с

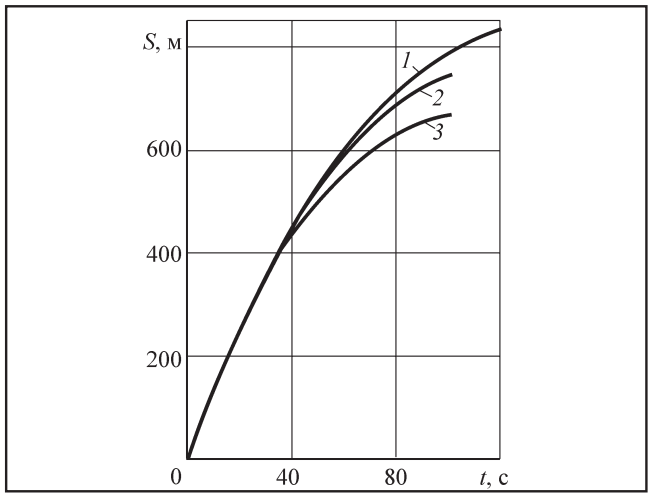


Рис. 4. *Динамические характеристики газобаллонных автомобилей средней грузоподъемности при работе на СУГ:*
1 – ЗИЛ-433360В1; *2* – ЗИЛ-433360; *3* – ГАЗ-33075

Выбег базового автомобиля ЗИЛ-433360 со скорости 90 км/ч до полной его остановки приведен на рис. 3.

Нормативным показателем оценки технического состояния трансмиссии принимают выбег (свободное качение) автомобиля. Увеличение на 1 % сопротивления качению грузовых автомобилей сопровождается дополнительным расходом топлива на 0,3–0,5 %.

В условиях эксплуатации газобаллонных автомобилей величину качения проверяют на динамометрическом стенде или на горизонтальной площадке.

Динамические характеристики газобаллонных автомобилей средней грузоподъемности представлены на рис. 4.

Динамические характеристики "разгон–выбег" газобаллонного автомобиля КАМАЗ-6511–33 при работе на КПГ [3,4,5] приведены на рис. 5.

Динамическая характеристика базового автомобиля КАМАЗ-5320 с полезной нагрузкой 8,1 т при последовательном переключении передачи с минимально устойчивой скорости приведена на рис. 6.

Выбег базового автомобиля КАМАЗ-5320 с различной нагрузкой со скорости 50 км/ч до полной его остановки приведена на рис. 7.

Сравнительные испытания легковых автомобилей проводили в различное время суток на хордовых маршрутах и известных маршрутах "Садовое кольцо" и "Малая роза" г. Москвы (рис. 8).

Последний характеризует работу автомобиля в центральной части города. Его применяют всегда при проведении подобных испытаний. Протяженность маршрута "Малая роза" практически не изменяется в течение многих лет и составляет 44–45 км. Маршрут характеризуется неравномерным движением автомобилей, на котором нахо-

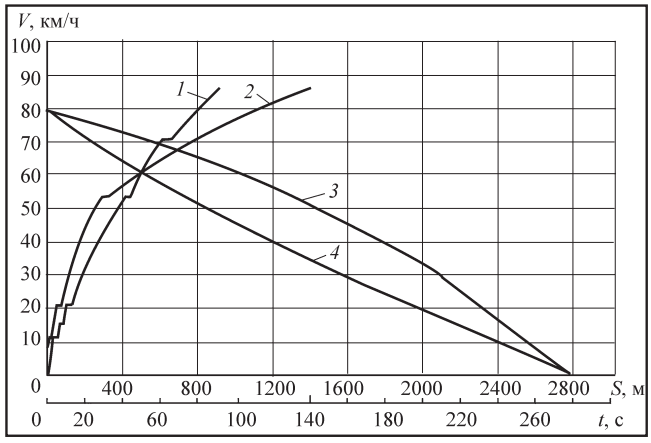


Рис. 5. *Динамические характеристики газобаллонного автомобиля КАМАЗ-6511-33 при работе на КПГ:*
1 – продолжительность разгона до скорости, с; 2 – продолжительность разгона до скорости на мерном участке, с; 3 – продолжительность свободного качения до текущей скорости, с; 4 – продолжительность свободного качения на мерном участке до скорости, с

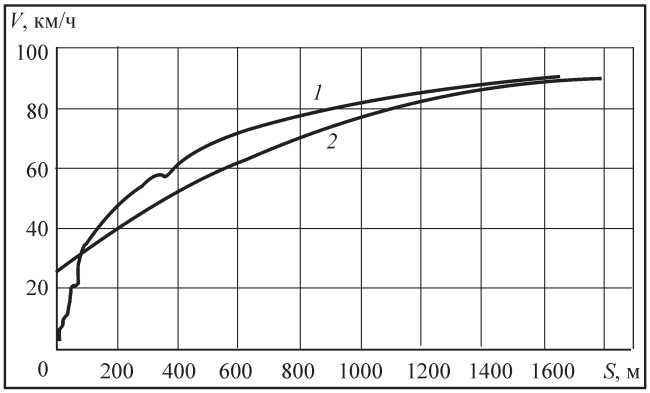


Рис. 6. *Динамическая характеристика базового автомобиля КАМАЗ-5320 с полезной нагрузкой 8,1 т при последовательном переключении передач и с минимально устойчивой скорости:*

1 – разгон автомобиля соответственно с места путем последовательного переключения передач; *2* – разгон автомобиля с минимально установившейся скорости

дится 115 светофоров. Интервал между испытательными циклами составлял 2 ч. Скорость движения на маршруте изменялась в пределах 34,1–36,4 км/ч. Особое внимание уделялось изучению режимов работы автомобилей в экстремальных условиях, т. е. в часы пик в утреннее и вечернее время.

Сравнительные испытания грузовых автомобилей в городских условиях проводят на маршруте "Большая роза" Москвы, протяженность которого составляет 72–75 км, а среднее время движения

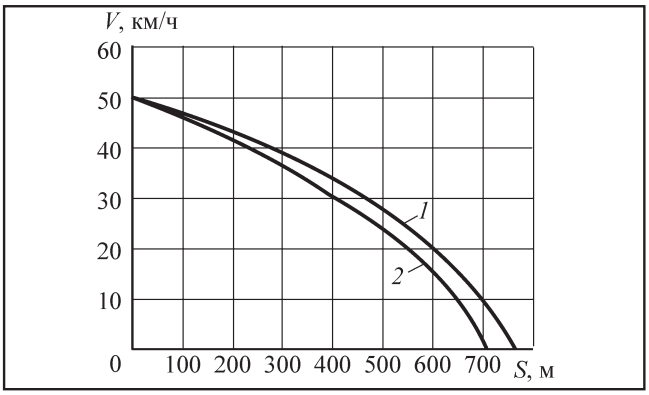


Рис. 7. *Выбег базового автомобиля КАМАЗ-5320 с различной нагрузкой со скорости 50 км/ч до полной его остановки в прямом и обратном направлении:*

1 – продолжительность свободного качения автомобиля с грузом в прямом направлении, м; *2* – продолжительность свободного качения автомобиля с грузом в обратном направлении, м

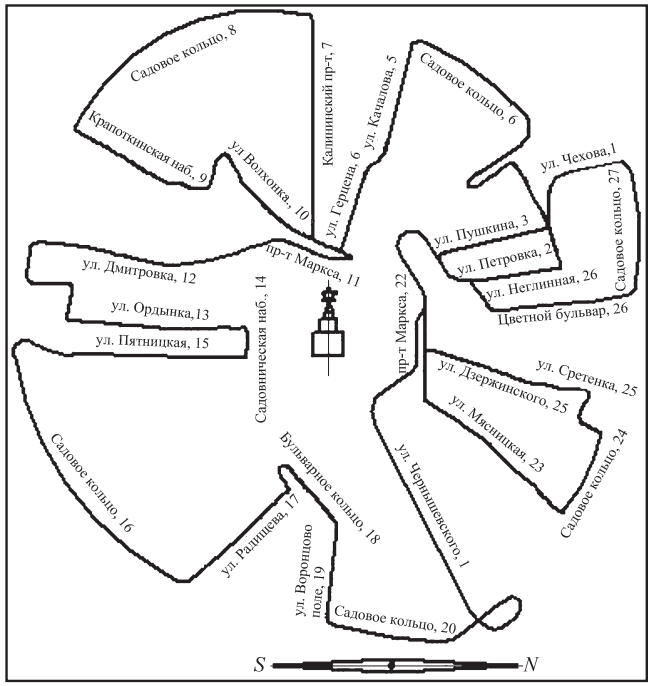


Рис. 8. *Маршрут "Малая Роза" г. Москвы (городской цикл)*

около 3 ч. Характерной особенностью упомянутого маршрута являются сочетание хордовых (периферийных) магистралей и движение в центральной части города.

Имитацию режимов городского движения автомобилей осуществляли на мерном участке протяженностью 25 км с двумя остановками на каждом километре. Расход топлива при имитированных условиях определяли весовым способом путем взвешивания мерного бачка до и после испытаний.

При имитации городских режимов движения заданная скорость в процессе разгона легковых автомобилей не превышала 55, а грузовых 45 км/ч. При замедлении автомобиля до полной остановки путем использования наката время движения на этом режиме выдерживалось с погрешностью ±1,5 %.

Средняя скорость грузовых автомобилей при имитированном движении составляла 33, а легковых 36 км/ч.

Динамические качества легковых автомобилей при работе на различных видах приведены в табл. 1.

Максимальная скорость движения автомобилей на горизонтальном участке ровного шоссе при полной массе автомобиля при работе на СУГ на 2,5–6,0 % ниже по сравнению с работой его на

Таблица 1

Динамические качества легковых автомобилей

Модель автомобиля	Вид топлива	Максимальная скорость, км/ч	Время разгона автомобиля, с			Путь выбега, м
			До 100 км/ч	400 м	1000 м	
"Лада 2107"	Бензин	151,0	15,5	20,7	39,0	410
	Газ	146,7	17,0	21,2	40,1	425
"Лада Самара"	Бензин	150,2	15,8	19,91	37,54	400
	Бензин (смеситель)	151,6	15,9	19,99	37,54	400
	Газ	150,2	16,5	20,17	37,91	410
"Волга" ГАЗ-3110	Бензин	150,1	19,0	20,8	38,6	600
	Газ	143,2	20,8	21,9	39,6	625
ВАЗ-21067	Бензин	145	19	23,5	42,2	420
	КПГ	135	22,5	23,5	27,7	420

бензине. При работе автомобиля на КПГ снижение максимальной скорости на 6,1 % вызвано уменьшением максимальной мощности и максимального момента соответственно на 18,5 и 13,6 % по сравнению с работой на бензине.

Продолжительность разгона автомобиля при разгоне на газовом топливе (СУГ) до скорости 100 км/ч ниже на 7,0–8,5 %. Продолжительность разгона газобаллонного автомобиля при работе на газовом топливе на участке 100 и 400 м также ниже на 2–4 % по сравнению с работой на бензине. Динамические качества двухтопливных автомобилей ГБА при применении КПГ несколько снижаются по сравнению с базовыми автомобилями.

Обобщенные показатели скоростных качеств двухтопливных газобаллонных автомобилей ЗИЛ-431610 третьего поколения приведены в табл. 2.

Продолжительность разгона автомобиля при работе на КПГ (без прицепа) увеличивается на 25 % по сравнению с работой на бензине, а автопоезда при разгоне до 60 км/ч с места путем последовательного переключения передач разница достигает 35 %.

Минимально устойчивая скорость движения ГБА на прямой передаче по горизонтальной дороге выше по сравнению с базовой модификацией. Недостатком газобаллонных автомобилей является сравнительно высокая минимально устойчивая скорость движения, которая превышает в 1,8–2,0

Таблица 2

Показатели скоростных качеств газобаллонных автомобилей ЗИЛ-431610

Наименование параметра	Вид топлива	
	Бензин	КПГ (метан)
Продолжительность разгона с последовательным переключением передач на участке длиной 400 м	33,9	36,2
Продолжительность разгона с последовательным переключением передач на участке длиной 1000 м	63,5	68,5
Продолжительность разгона с места путем последовательного переключения передач до скорости 60 км/ч, с	29,4	37,4
Продолжительность разгона со скорости 20 км/ч до скорости 60 км/ч на прямой передаче, с	45,6	69,5
Выбег автомобиля со скорости 50 км/ч до полной остановки, м	725	725
Продолжительность разгона автопоезда (общая масса 14,7 т) с места путем последовательного переключения передач до скорости 60 км/ч, с	45,8	60,5

 ISSN 2073-8323

Таблица 3

Скоростные свойства автомобилей ЗИЛ-138П при работе на бензине и СПГ

Наименование параметра	Вид топлива		
	ТЗ (бензин/газ)	Бензин	СПГ (метан)
Максимальная скорость, км/ч	90/80	94,62	93,13
Условная максимальная скорость, км/ч		91,43	85,56
Продолжительность разгона с последовательным переключением передач на участке пути:			
400, с		35,70	37,68
1000, с		65,45	68,33
Продолжительность разгона с места путем последовательного переключения передач до скорости:			
60, км/ч, с	36/46	32,45	37,23
Продолжительность разгона со скорости 20 км/ч до скорости 70 км/ч на прямой передаче, с		59,73	80,35
Выбег автомобиля со скорости 50 км/ч до полной остановки, м		863	863

раза этот показатель у автомобилей бензиновых модификаций. В современных газобаллонных автомобилях упомянутый дефект заметно снижается.

Высокая минимально устойчивая скорость движения газобаллонных автомобилей третьего поколения связана с несогласованной работой системы холостого хода и главной дозирующей системы. Оптимальная регулировка системы ХХ и системы зажигания снижает величину минимально устойчивой скорости дорожного движения. Повышенная минимально устойчивая скорость движения вызывает дополнительные трудности, связанные с управлением газобаллонным автомобилем, выполнением маневров в городских условиях с насыщенным движением и вероятностью снижения безопасности дорожного движения.

Тягово-скоростные и динамические качества двухтопливных автомобилей ГБА третьего поколения при применении СПГ несколько снижаются по сравнению с базовыми автомобилями. Скоростные свойства автомобилей ЗИЛ-138П при работе на бензине и СПГ приведены в табл. 3.

Выбеги автомобиля на бензине и СПГ соответствуют ТЗ и свидетельствуют об удовлетворительном состоянии трансмиссии и ходовой части. Максимальные скорости при работе автомобиля на бензине и газе соответствуют ТЗ.

Расход топлива в зависимости от времени суток существенно изменяется. Для получения сопоставимых результатов по расходу топлива в городских условиях эксплуатации целесообразно ввести коэффициент приведения расхода топлива $K_т$, равный отношению количества топлива, израсходованного на городском маршруте, к средней его величине на этом же маршруте. Величина коэффициента приведения расхода топлива изменялась в пределах 0,94–1,045.

Базисный расход топлива представляет собой условный эксплуатационный расход топлива, полученный как средне взвешенная величина в заездах по магистральному и городскому ездовому циклам, имитирующим реальные эксплуатационные режимы движения с учетом их весовых коэффициентов.

Базисный расход топлива автомобиля определяется по выражению

$$Q_{sб} = k_г Q_{sгц} + k_м Q_{sмц}, \qquad (2)$$

где $Q_{sб}$ – расход топлива в магистральном цикле, л/100 км; $k_г$ – коэффициент весомости городских условий эксплуатации равный 0,4; $Q_{sгц}$ – расход топлива в годордском ездовом цикле, л/100 км; $k_м$ – коэффициент весомости магистральных условий эксплуатации, равный 0,6; $Q_{sмц}$ – расход топлива в магистральном цикле, л/100 км.

Для данного класса автомобиля $k_г$ и $k_м$ принимают равными 0,4 и 0,6.

Сопротивление движению автомобиля является одним из исходных показателей выполнения тягового расчета и топливного баланса, анализ состав-

ляющих которого вскрывает резервы экономии топлива в реальных условиях транспортного процесса.

При движении автомобиля энергия, подведенная к ведущим колесам, расходуется на механические потери в двигателе и трансмиссии, преодоление сопротивления качению, сопротивление воздуха, на преодоление подъемов и на разгон.

В зависимости от дорожных условий влияние упомянутых факторов на расход топлива существенно различается.

Топливный баланс автомобиля можно представить следующим образом:

$$Q_S = Q_{дв} + Q_f + Q_w + Q_{тр} + Q_\alpha \pm Q_j, \qquad (3)$$

где Q_S – расход топлива, необходимый для движения автомобиля; $Q_{дв}$ – расход топлива на преодоление тепловых, насосных и механических потерь в двигателе; Q_f – расход топлива на преодоление сопротивления качению; Q_w – расход топлива на преодоление аэродинамического сопротивления воздушной среды; $Q_{тр}$ – расход топлива на прогрев и сопротивление трансмиссии; Q_α – расход топлива на сопротивление подъему дороги; Q_j – расход топлива на ускорение автомобиля.

Топливный баланс базового автомобиля ЗИЛ-433360 третьего поколения при установившемся режиме движения представлен на рис. 9.

Наиболее простой способ определения технического уровня конструкции ГБА в эксплуатации связан с определением контрольного расхода топлива.

Обобщение статистических материалов позволило установить, что каждый 1 % увеличения сопротивления качению грузовых автомобилей сопровождается дополнительным расходом топлива на 0,3– 0,5 %.

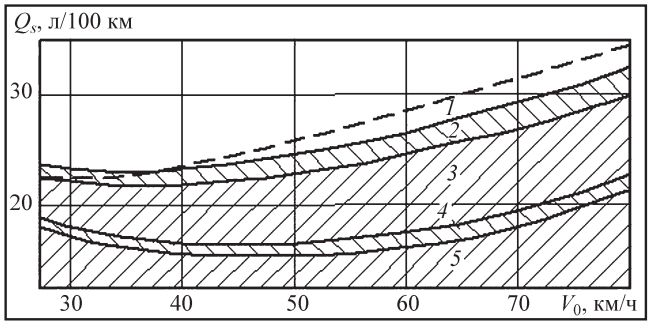


Рис. 9. *Топливный баланс базового автомобиля ЗИЛ-433360:*

Q_S – расход топлива, необходимый для движения автомобиля; *1* – эксперимент; *2* – расход топлива на преодоление воздушной среды (Q_w); *3* – преодоление сопротивления качению (Q_f); *4* – механические потери в трансмиссии ($Q_{тр}$); *5* – механические потери в двигателе ($Q_{дв}$)

Расход топлива легковым автомобилем "Лада Самара" на маршруте "Малая роза" в различное время суток представлен в табл. 4.

Отмеченные испытания не в полной мере отражают влияние дорожных условий на расход топлива в реальных условиях эксплуатации.

Использование упомянутого коэффициента позволяет при единичных испытаниях получить сопоставимые средние расходы топлива в городских условиях эксплуатации.

Сравнительные испытания грузовых автомобилей в городских условиях проводят на маршруте "Большая роза" Москвы, протяженность которого составляет 72–75 км, а среднее время движения около 3 ч. Характерной особенностью, упомянутого маршрута являются сочетание хордовых (периферийных) магистралей и движение в центральной части города.

Таблица 4

Расход топлива автомобилем "Лада Самара" на маршруте "Малая роза"

Протяженность маршрута, км	Время суток, ч	Масса топлива, израсходованного за время работы, г	Протяженность маршрута, км	Время суток, ч	Масса топлива, израсходованного за время работы, г
44,5	6–8	3730	45,2	14–16	4100
44,8	8–10	4150	45,5	16–18	4230
45,0	10–12	3820	45,2	18–20	4190
45,1	12–14	3900			

Таблица 5

Топливная экономичность легковых автомобилей

Марка автомобиля	Вид топлива	Расход топлива, л/100 км		
		90	120	Ездовой цикл
"Лада-2105"	Бензин	7,4	9,3	10,1
	СУГ	12,5	17,5	15,2
"Лада-2107"	Бензин	7,4	10,4	10,8
	СУГ	12,8	18,9	13,6
"Лада Самара"	Бензин	5,9	8,0	9,4
	Бензин (смеситель)	8,0	7,9	9,1
	СУГ	8,0	7,9	12,6
"Волга" ГАЗ-3102-17	Бензин	9,5	12,7	14,7
	СУГ	11,8	15,9	18,4
ВАЗ-21067	Бензин	7,7	10,2	10,4
	КПГ ($м^3$/100 км)	7,3	10,8	11,0

Сравнительные показатели топливной экономичности легковых автомобилей с различными видами топлив приведены в табл. 5.

Испытания газобаллонных легковых автомобилей показали высокие экономические их качества.

Сравнительные показатели скоростных характеристик "Разгон–выбег" автомобиля КАМАЗ-6520-38 приведены в табл. 6.

Влияние величины запальной дозы [6] на топливную экономичность приведено на рис. 10.

При создании газодизельной модификации возникли определенные трудности. Сокращение продолжительности впрыскивания неблагоприятно сказывается на ухудшении воспламенения газовоздушной смеси, а также на повышении теплонапряженности распылителя форсунки.

Величина запальной дозы подбиралась исходя из получения максимальной экономичности на больших и малых нагрузках. Величина запальной дозы оказывает заметное влияние на выброс ВВ.

Таблица 6

Скоростная характеристика "Разгон–выбег" автомобиля КАМАЗ-6520-38

Параметры	Модель автомобиля			
	65115 КПГ	65115 СПГ	6520 КПГ	6520 СПГ
Вес газовой установки (включая массу газа), кг	1300	550	1900	550
Количество баллонов / баков, шт.	13 по 80 л	1–450 л	17 (9*80 л, 8*100 л)	1–450 л
Расход газа при скорости 60 км/ч, $м^3$	46	36,7	43	41
Расход газа при скорости 80 км/ч, $м^3$	49	42	52	52
Грузоподъемность, кг	14 400	14 820	18 700	20 540
Снаряженная масса, кг	10 800	10 380	14 400	12 560
Колесная база, мм	3690	3690	4600	3600
Максимальная масса, кг	25 200	25 200	33 100	33 100

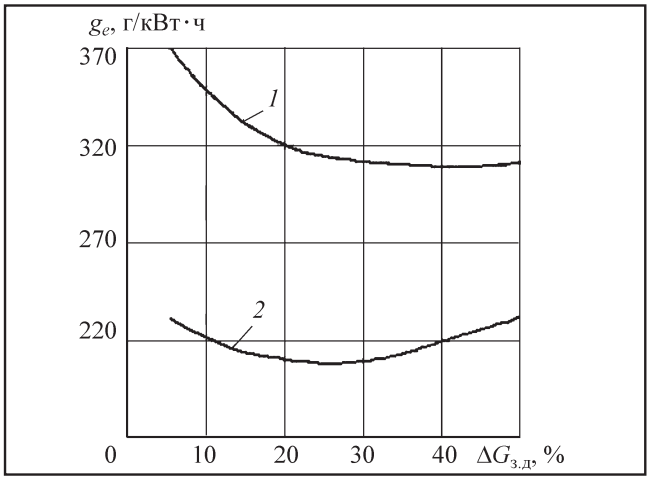


Рис. 10. *Влияние величины запальной дозы ДТ на топливную экономичность газодизеля 8VЧ (12/12) при работе на ПГ при различной нагрузке:*
1 – 0,25 МПа; *2* – 0,82 МПа

С повышением величины запальной дозы снижается содержание углеводородов, окиси углерода и окислов азота. Минимальная величина запальной дозы должна быть не ниже 15 %.

Максимальная величина запальной дозы определяется величиной замещения дизельного топлива природным газом, а также уровнем токсичности.

При создании газодизельной модификации возникли определенные трудности. Сокращение продолжительности впрыскивания неблагоприятно сказывается на ухудшении воспламенения газовоздушной смеси, а также на повышении теплонапряженности распылителя форсунки.

Величина запальной дозы подбиралась исходя из получения максимальной экономичности на больших и малых нагрузках. Величина запальной дозы оказывает заметное влияние на выброс ВВ. С повышением величины запальной дозы снижается содержание углеводородов, окиси углерода и окислов азота. Минимальная величина запальной дозы должна быть не ниже 15 %.

Газодизельные автомобили позволяют снизить расход топлива на 75–80 %. Это позволяет для автомобиля КамАЗ-53218 экономить 10–12 т жидкого топлива в год [6].

Показатели топливной экономичности газодизельного автомобиля КамАЗ-53208 и автопоезда КамАЗ-53518 при работе в дизельном и ГД режимах приведены в табл. 7.

Показатели топливной экономичности при скорости 60 км/ч автомобиля и автопоезда в газодизельном режиме соответствуют требованиям проекта ТУ. В дизельном режиме результаты испытаний на 10–12 % ниже требований ТУ, что объясняется неудовлетворительным состоянием дорожного покрытия.

Возможности работы в газодизельном цикле при больших значениях α при средних и малых на-

Таблица 7

Топливная экономичность автомобилей в ДТ и ГД режиме работы

Показатели	КамАЗ-53208				КамАЗ-53218			
	ТУ ДТ	ТУ ГД	ДТ	ГД	ТУ ДТ	ТУ ГД	ДТ	ГД
Расход топлива, л/100 км, при V = 80 км/ч:	–	–	33,4/–	4,8/–	–	–	35,3/–	7,1/–
70	–	–	28,8/44,1	4,6/8,3	–	–	30,5/46,3	5,0/8,2
60	23,0/30,0	6,0/7,0	25,5/39,6	4,5/6,3	24,4/33,0	7,0/8,0	27,4/41,3	4,2/8,3
50	–	–	23,0/36,5	4,5/6,0	–	–	25,2/38,0	4,2/7,5
40	–	–	21,4/33,8	4,6/5,7	–	–	23,5/35,8	4,2/7,5
30	–	–	20,2/31,9	5,6/10,4	–	–	22,0/34,0	5,2/7,7
Средний расход топлива в диапазоне 70–90 км/ч	–	–	23,6/37,0	4,7/6,8	–	–	25,6/38,9	4,4/7,8

Примечание: 1. ДТ и ГД – дизельный и газодизельный режимы работы автомобиля.
2. В числителе приведены значения параметров автомобиля, в знаменателе – автопоезда.

Таблица 8

Показатели скоростных свойств автомобиля ЗИЛ-43316

Показатели	Топливо – ДТ		Топливо Метан+ДТ
	Масса автомобиля (с грузом) 11 800 кг	Масса автомобиля (без груза) 6650 кг	Масса автомобиля 11 800 кг
Время разгона на пути:			
400 с	35,9	29,6	35,7
1000 с	65,0	55,8	64,8
Время разгона до скорости 60 км/ч, с	29,9	17,0	29,9
Максимальная скорость, км/ч	83,7	83,7	83,7
Выбег автомобиля со скорости 50 км/ч, с	925	925	925

грузках обеспечиваются высокой энергией источника воспламенения и его многоочаговой формы (факел запал запальной дозы).

Показатели скоростных свойств автомобиля ЗИЛ-43316 приведены в табл. 8.

При работе двигателя ЗИЛ-645 в дизельном режиме на транспортировку груза массой 5200 кг в зависимости от режима движения автомобиля требуется 8,8–30,2 % топлива.

Дорожная топливная характеристика установившегося автомобиля ЗИЛ-43316 при работе на ДТ приведена на рис. 11.

Дорожная топливная характеристика установившегося газодизельного автомобиля ЗИЛ-43316 (Метан + ДТ) приведена на рис. 12.

Показатели топливной экономичности газобаллонных автомобилей ЗИЛ-138П [7] при работе на бензине и СПГ приведены в табл. 9.

Результаты определения расходов топлива в ездовых циклах и базисных расходов приведены в табл. 10.

Результаты испытаний автомобиля КАМАЗ-6520-38 по определению показателей скоростных свойств автомобиля представлены в табл. 12.

Величина свободного качения свидетельствует о минимально возможных потерях в трансмиссии испытываемых газобаллонных автомобилей.

В городских условиях эксплуатации для грузовых и легковых автомобилей средние скорости движения составляли 30 и 28,6 км/ч соответственно.

Средний расход топлива в л/100 км основных моделей легковых и грузовых автомобилей в городских условиях эксплуатации и в условиях воспро-

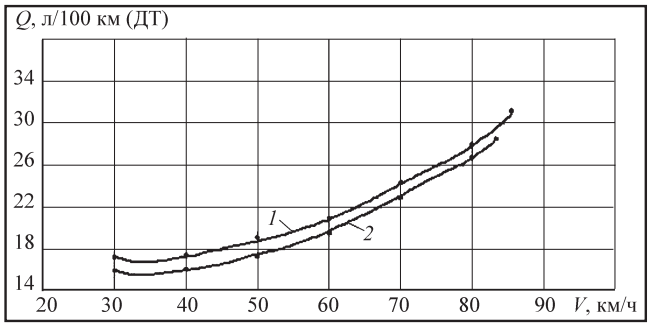


Рис. 11. *Дорожная топливная характеристика установившегося базового автомобиля ЗИЛ-43316 при работе на ДТ:*
1 – 11 800 кг (с грузом); *2* – 6650 кг (без груза)

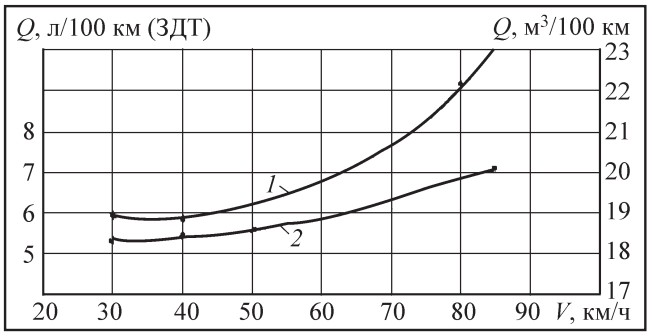


Рис. 12. *Дорожная топливная характеристика установившегося газодизельного автомобиля ЗИЛ-43316 (метан + ДТ):*
1 – расход газа м^3/100 км; *2* – величина запальной дозы ДТ, л/100 км

Таблица 9

Показатели топливной экономичности газобаллонных автомобилей ЗИЛ-138П

Скорость движения, км/ч	Вид топлива	
	Бензин, л/100 км	СПГ, кг/100 км
20	25,0	31,8
30	24,0	26,6
40	23,8	22,5
50	25,7	19,2
60	28,3	17,6
70	31,2	18,6
80	35,2	22,0
90	41,0	–
Контрольный расход топлива при скорости 60 км/ч	28,3	17,6
Расход топлива в интервале скоростей 20–80 км/ч	39,30	22,6

Таблица 10

Значения ездовых циклов, базисного расхода топлива автомобиля ЗИЛ-138П

Наименование параметра	Вид топлива			
	Бензин		СПГ	
	Расход, л/100 км	Скорость, км/ч	Расход, кг/100 км (газ)	Скорость, км/ч
Магистральный ездовой цикл	37,0	59,9	27,9	58,1
Городской ездовой цикл	62,3	30,8	42,5	30,6
Базисный расход	47,1	–	33,7	–

изведения этих режимов (имитация) на загородном шоссе представлен в табл. 13.

Испытания автомобиля на динамометрическом стенде имеют ряд бесспорных преимуществ по сравнению с дорожными испытаниями. В случае точного воспроизведения дорожных условий движения НТС на динамометрическом стенде при испытании можно получить не только хорошее качественное, но и высокое количественное совпадение результатов дорожных и стендовых испытаний. В перспективе все виды испытаний на топливную экономичность будут проводиться на ди-

Таблица 11

Эксплуатационные показатели газодизельных автомобилей

Марка автомобиля	Двигатель	Сезон	Нагрузка	Время разгона, с		$V_{мах}$, км/ч		Расход топлива	
				Факт	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма
КамАЗ-65115	740.03	Зима	Полная	43	45	87	80	47,3	35,1
				42		85		16	
КамАЗ-43101	740.10	Лето	Полная	35	40	92	90	39,5	
				37		91		8,5	36,2
КамАЗ-43104	740.11-240	Зима	Полная	23	35	97	90	42,9	
				24		97		13,2/14,9	32,8/30
КамАЗ-53215	740.13-260	Зима	Полная	33	40	104	100	42,9	
				33		103		12,8/14,2	35/31,5
ПАЗ-3205	Д-245.7	Лето	Частичная	27	30	94	90	20,9	
				27		95		6,5	20,2
ЗИЛ-325000 (автобус)	Д-245.12С	Лето	Частичная	21	20	103	95	12	
				20		104		6,3	13

Таблица 12

Показатели скоростных свойств автомобиля КАМАЗ-6520-38

Измеряемый параметр	Требования ТУ	Фактически
Максимальная скорость, км/ч	Не менее 80	97,5
Путь выбега (м) со скорости:	Не менее 950	
50 км/ч		1319,8
80 км/ч		2765,8
Время разгона (с):	Не более 50	
до скорости		
60 км/ч		
80 км/ч		
на пути		47,8
400 м		44,2
1000 м		75,9
1600 м		101,4
2000 м		117,1

намометрических стендах, не прибегая к трудоемким лабораторно-дорожным испытаниям.

Удельные расходы топлива автомобилей КАМАЗ-6520-38, на перевозку 1 т груза на расстояние в 100 км, составили КАМАЗ-6520-38 – 4,88 л/100 км (1,85 кг/100 км);

Измерение расхода топлива проводилось в газовом состоянии.

Перерасчет расхода топлива из газового состояния ($м^3$/100 км) в жидкое состояние (л/100 км) производилось по формуле:

$$Q_ж = (\rho_г \cdot Q_г) / \rho_ж, \quad (4)$$

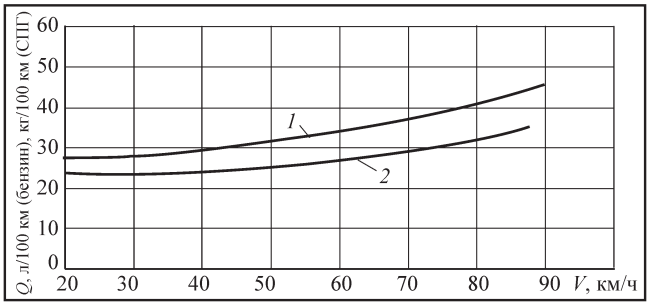


Рис. 13. *Дорожная экономическая характеристика автомобиля ЗИЛ-138П при работе на различных видах топлива [7]:*
1 – СПГ; *2* – бензин

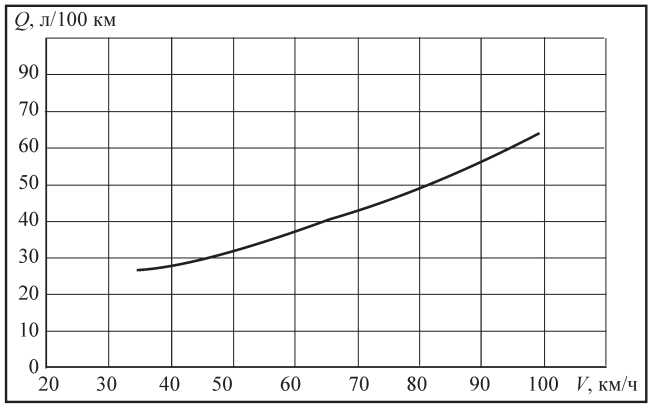


Рис. 14. *Дорожная экономическая характеристика автомобиля КАМАЗ-6520-38 при работе на СПГ*

где $Q_ж$ – расход топлива в жидком состоянии, л/100 км; $Q_г$ – расход топлива в газообразном состоянии, $м^3$/100 км; $\rho_г$ – плотность метана при стандартных условиях по ГОСТ 30319.1–96 (0,66), кг/$м^3$; $\rho_ж$ – плотность метана в жидком состоянии по ТУ 51-03-03-85 (0,43 кг/л), $Q_ж = 1{,}54 \cdot Q_г$.

Таблица 13

Средний расход топлива основных моделей легковых и грузовых автомобилей

Модель автомобиля	Средний расход топлива, л/100 км			
	Городское движение		Имитированное движение	
	с полной нагрузкой	без груза	с полной нагрузкой	без груза
ВАЗ-21103	11,6	8,9	11,2	8,1
"Волга" ГАЗ-3110	17,3	14,7	16,4	13,8
ЗИЛ-433360	59,8	50,7	57,7	46,4
ЗИЛ-433360В1	47,5	36,4	45,1	35,2

Таблица 14

Показатели топливной экономичности автомобиля КАМАЗ-6520-38 при работе на СПГ

Скорость движения, км/ч	Расход топлива		Требования ТУ	
	л/100 км	м^3/100 км	л/100 км	м^3/100 км
40,0	42,8	27,6	–	–
50,0	54,0	34,8	–	–
60,0	68,2	41,3	71,0, не более	43,0, не более
70,0	73,5	47,4	–	–
80,0	86,0	52,0	86,0, не более	52,0, не более
90,0	89,8	57,9	–	–

Результаты испытаний автомобиля КАМАЗ-6520-38 при работе на СПГ приведены в табл. 14.

Расход топлива в городском и магистральном цикле газобаллонных автомобилей приведен в табл. 15.

Динамические и скоростные качества автомобиля близки к техническому заданию.

Запас хода легковых автомобилей при работе на СУГ и КПГ на разных режимах движения приведен в табл. 16.

Пробег на одной заправке (запас хода) автомобилей КАМАЗ-6520-38 (самосвал), КАМАЗ-65115-37 (самосвал) и автомобиля КАМАЗ-65117-32 (бортовой тягач) по контрольному расходу топлива при скорости 60 км/ч представлен в табл. 18.

Пробег на одной заправке газобаллонных автомобилей при работе на СПГ, по сравнению с базовыми автомобилями, использующими в качестве моторного топлива КПГ, увеличился в 1,5 раза. Средняя эксплуатационная скорость автомобилей находится на одном уровне и составляет 55–58 км/ч.

Величина предельных углов преодолеваемых максимальных подъемов одиночными автомобилями и автопоездами при работе на газовой аппаратуре третьего поколения КПГ уменьшается на 30–40 %. Газовая аппаратура нового поколения обеспечивает идентичность показателей ГБА нового поколения и базовых автомобилей.

Испытания по преодолению максимального подъема, проведенные по методике РД 37.001.109-89 на автополигоне НИЦИАТМ ФГУП "НАМИ" показали, что автомобили КАМАЗ полной массой преодолевают подъем 30 % (по ТУ

Таблица 15

Расход топлива в городском и магистральном цикле газобаллонных автомобилей

Модель	Тип испытаний			
	Цикл на дороге	Расход топлива		Средняя скорость
		л/100 км	м^3/100 км	км/ч
ЗИЛ-138Л	Городской	44	27,9 кг	38,1
	Магистральный	48	42,5 кг	58,1
КАМАЗ-65117-32	Городской	83,6	54,3	33,5
	Магистральный	69,1	37,7	60,9
КАМАЗ-65115-37	Городской	83,6	54,2	32,6
	Магистральный	69,1	37,7	56,9
КАМАЗ-6520-38	Городской	108,6	70,5	31,2
	Магистральный	83,6	54,2	57,6

Таблица 16

Запас хода газобаллонных легковых автомобилей

Модель автомобиля	Скорость движения, км/ч	Запас хода, км	Количество заправленного газа, л ($м^3$)	Расход газа, л/100 км
"Лада-2107"	$V = 90$	352	41,6	11,85
	$V = 120$	258	41,6	16,13
"Лада Самара"	$V = 90$	465	41,6	8,96
	$V = 120$	395	41,6	10,80
"Волга" ГАЗ-3210-17	$V = 90$	510	60	11,7
	$V = 120$	400	60	14,9
ВАЗ-21067 (КПГ)	$V = 90$	220	16 ($м^3$)	7,4
	$V = 120$	152	16 ($м^3$)	10,7

25 %) на первой низшей передаче в коробки передач при оборотах коленвала – 2200 $мин^{-1}$. Автомобили КАМАЗ соответствуют требованиям ТУ по максимальному углу преодоления подъема.

Управляемость, устойчивость, маневренность и плавность хода, а также удобство и легкость управления автомобилями КАМАЗ по субъективной оценке водителей, в процессе эксплуатационных испытаний на дорогах общего пользования с твердым покрытием и грунтовых укатанных дорогах оцениваются как удовлетворительные. Автомобили преодолели с места 40%-ный подъем на первой передаче с режима повышенной частоты вращения (3000 $мин^{-1}$) в момент включения сцепления.

Пробег газобаллонных автомобилей на одной заправке при работе на СПГ повышается в 1,5 раза по сравнению с КПГ.

Динамические и топливно-экономические показатели современных газобаллонных автомобилей нового поколения равноценны характеристикам базовых наземных транспортных средств.

Таблица 17

Средний эксплуатационный расход СПГ газобаллонными автомобилями

Модель	Расход топлива		Средняя скорость км/ч
	л/100 км	кг/100 км	
ЗИЛ-138П	56,6	22,6	52
КАМАЗ-65117-32	74,2	28,2	53
КАМАЗ-65115-37	87,3	33,2	55
КАМАЗ-6520-38	97,6	37,1	58

Таблица 18

Пробег автомобиля на одной заправке

Модель автомобиля	Пробег, км
ЗИЛ-Э138П	330
КАМАЗ-65117-32	611
КАМАЗ-65115-37	711
КАМАЗ-6520-38	631

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ерохов В.И.** Технико-эксплуатационные показатели газовой аппаратуры. Журнал "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2003. № 4 (10). С. 68–70.

2. **Ерохов В.И.** Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика) М.: Учебник для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком. 2016. 598 с.

3. **Ерохов В.И.** Система питания газобаллонного автомобиля на компримированном природном газе. Журнал "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2013. № 3 (72). С. 9–21

4. **Молибога А.Г., Хафизов Р.Х.** ОАО "КАМАЗ": решение проблем экологии больших городов России. Журнал "Транспорт на альтернативном топливе", 2010. № 6 (18). С. 19–21.

5. **Автомобили** КАМАЗ 65115, 65116 с газовым двигателем РТ 65115-39020001 / Ответственный редактор Д.Х. Валеев. 2010. 79 с.

6. **Ерохов В.И., Карунин А.Л.** Газодизельные автомобили (конструкция, расчет, эксплуатация). М.: Граф-Пресс. 2005. 560 с.

7. **Ерохов В.И., Григорьев Е.Г., Колубаев Б.Д.** Газобаллонные автомобили. М.: Машиностроение, 1989. 216 с.

УДК 621.436

ОЦЕНКА ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана;
С.А. Зыков, канд. техн. наук, МСХА имени К.А. Тимирязева;
С.С. Лобода, инж., ООО "ВАЙТЕКС"; г. Москва

Показаны преимущества использования топлив растительного происхождения в качестве альтернативных моторных топлив. Исследована работа автотракторного дизеля на смесевых биотопливах, содержащих нефтяное дизельное топливо и рапсовое масло. Проведена оценка экологических качеств таких биотоплив. Предложена методика оценки интегральной токсичности отработавших газов автотракторных дизелей в условиях эксплуатации.

Ключевые слова: *дизельный двигатель; нефтяное дизельное топливо; рапсовое масло; смесевое биотопливо; токсичность отработавших газов.*

EVALUATION OF INTEGRAL TOXICITY OF EXHAUST GASES OF AUTOMOTIVE DIESEL ENGINES UNDER OPERATING CONDITIONS

Markov V.A., D-r of technical sciences, MGTU named fter N.E. Bauman; **Zykov S.A.,** Ph.D of technical sciences, Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; **Loboda S.S.,** Moscow

Advantages of using fuels of vegetable origin as alternative motor fuels are shown. Functioning of the automotive diesel engine running on biofuel mixtures containing petroleum diesel fuel and rapeseed oi is investigated. Evaluation of environmental characteristics of such biofuels is carried out. Technique of evaluation of integrated toxicity of exhaust gases of automotive diesel engines under operating conditions is suggested.

Keywords: *diesel engine; oil diesel fuel; rapeseed oil; biofuel mixture; toxicity of exhaust gases.*

Массовое производство моторных топлив из нефтяных ресурсов в последние десятилетия привело к тому, что значительная часть мировых запасов нефти уже исчерпана. К началу нынешнего тысячелетия по приблизительным оценкам уже добыто и потреблено около 800 млрд баррелей нефти [1]. Разведанные нефтяные месторождения оцениваются в 1000 млрд баррелей нефти. Предполагается, что неразведанные нефтяные запасы содержат еще около 500 млрд баррелей нефти. Это свидетельствует о том, что этот сырьевой ресурс может быть использован для широкомасштабного выпуска моторных топлив лишь в краткосрочной перспективе. В более отдаленной перспективе неизбежно возникнет необходимость поиска альтернативных сырьевых ресурсов и их промышленного использования.

Все более широкое применение в двигателях внутреннего сгорания находят биотоплива, получаемые из различных растительных ресурсов. Это обусловлено не только необходимостью замещения нефтяных моторных топлив топливами, получаемыми из возобновляемой сырьевой базы. Биотоплива имеют заметно лучшие экологические характеристики, обусловленные следующими факторами. При использовании топлив растительного происхождения появляется возможность снижения выбросов в атмосферу углекислого газа, являющегося основным "парниковым газом". Это объясняется тем, что при выращивании сырья для производства биотоплив организуется кругооборот углекислого газа в атмосфере: выделяющийся при сгорании биотоплив углекислый газ поглощается при выращивании растений, из которых производят биотопливо. Содержащийся в молекулах биотоплив кислород способствует снижению выбросов с отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания продуктов неполного сгорания топлива – монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов CH_x, сажи (углерода C) или твердых частиц, основным компонентом которых является углерод. Отсутствие в молекулах биотоплив серы приводит к тому, что в ОГ двигателей, работающих на этих биотопливах, не содержатся оксиды серы – диоксид SO_2 и триоксид SO_3. Попадая в атмосферу эти оксиды соединяются с молекулами воды с образованием сернистой H_2SO_3 и серной H_2SO_4 кислот, являющихся компонентом кислотных дождей. В отличие от нефтяных моторных топлив биотоплива не содержат канцерогенных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и наиболее опасного из них – бенз(а)пирена $C_{20}H_{12}$. Биотоплива отличаются хорошей биоразлагаемостью и в связи с этим не загрязняют почву и водоемы.

Применительно к дизелям наиболее перспективными представляются биотоплива, получаемые из растительных масел. К ним относятся сами растительные масла (рапсовое, подсолнечное, соевое и др.), их сложные эфиры (метиловый, этиловый, бутиловый и др.), смеси указанных биотоплив с нефтяными моторными топливами и альтернативными топливами [1–4]. Применение биотоплив, получаемых из растительных масел, позволит не только обеспечить замещение нефтяных топлив топливами, вырабатываемыми из возобновляемых сырьевых ресурсов, но и улучшить эколо-

Таблица 1

Среднее содержание токсичных компонентов в ОГ при различных условиях работы двигателя

Содержание компонентов в ОГ, %	Режим работы двигателя			
	Холостой ход при средней частоте вращения	Средняя постоянная частота вращения (с нагрузкой)	Разгон	Замедление
Оксиды азота NO_x	0,006	0,085	0,025	0,003
Монооксид углерода CO	Следы	0,1	Следы	Следы
Углеводороды CH_x	0,04	0,02	0,01	0,03
Альдегиды RCHO	0,001	0,002	0,001	0,003

гические показатели дизелей, о чем сказано выше. Однако наибольшая эффективность использования указанных биотоплив достигается при оптимизации их состава с учетом режима работы автотракторного дизеля, а также при целесообразном выборе режимов работы, на которых проводится оценка интегральной токсичности отработавших газов автотракторных дизелей.

Режимы работы транспортных и автотракторных дизелей весьма разнообразны и зависят от характера эксплуатации автомобилей, тракторов и другой сельскохозяйственной техники. На основании статистических исследований установлено, что в условиях уличного движения в городах Европы доли времени работы двигателя на отдельных режимах составляют: на режиме холостого хода при средних частотах вращения – 35 %, на режимах с постоянными частотами вращения с нагрузкой – 29 %, с ускорением – 22 %, с замедлением – 14 % [5, 6]. Каждый из перечисленных режимов отличается процентным содержанием токсичных компонентов в ОГ (табл. 1).

Таблица 2

Усредненные условия работы двигателей автомобилей США и доля выброса ОГ в этих условиях

Режим работы двигателя	Доля в общем времени работы, %	Доля в общем количестве ОГ, %
Холостой ход – средняя частота вращения	15,0	4,2
Постоянная большая частота вращения	16,0	16,8
Разгон (ускорение)	36,7	69,9
Торможение (замедление)	32,3	9,1

Аналогичные результаты получены при анализе условий работы автомобилей в городах США. Доли каждого из режимов в общем времени работы транспортного средства и соответствующие доли выброса ОГ в этих условиях приведены в табл. 2 [6].

Представленные данные хорошо согласуются с результатами экспериментов, проведенных в НАМИ в рамках программы совершенствования дизелей в целях уменьшения токсичности их ОГ [7]. В табл. 3 приведены показатели токсичности двигателя в цикле городского движения автомобиля, полученные на автополигоне НАМИ. Следует отметить, что при замедлении и при работе на режимах с небольшими частотами вращения в ОГ дизелей содержится гораздо меньшее количество продуктов неполного сгорания по сравнению с бензиновыми двигателями. Поэтому дизели при хорошем техническом состоянии и правильном обслуживании в значительно меньшей степени загрязняют атмосферный воздух. Причем положительные качества дизеля наиболее полно проявляются в режиме городского движения с большим удельным весом режимов малых нагрузок и холостого хода.

Особенностью эксплуатации транспортных средств и сельскохозяйственных машин является разнообразие режимов работы установленных на них двигателей, их агрегатов и систем. Среди множества эксплуатационных режимов работы дизелей можно выделить установившиеся режимы, в которых параметры двигателя (положение дозирующей рейки $h_р$, эффективный крутящий момент двигателя M_e, частота вращения коленчатого вала n и топливного насоса $n_{тн}$ и др., рис. 1) не изменяют-

Таблица 3

Усредненные условия работы двигателя в цикле городского движения автомобиля, показатели токсичности его ОГ и топливной экономичности в этих условиях

Режим работы двигателя	Доля режима, %					
	по времени работы	по объему ОГ	по выбросам CO	по выбросам CH_x	по выбросам NO_x	по расходу топлива
Холостой ход	35,9	10	13–25	15–18	0	15
Принудительный холостой ход	12,8	5	10–13	23–32	0–1,5	13
Установившиеся режимы	29,2	40	32–43	19–35	13–23	37
Разгон	18,5	45	29–32	27–30	75–86	35

ся во времени (межцикловые колебания параметров не учитываются), и неустановившиеся режимы с переменными параметрами [8]. При этом установившиеся режимы характеризуются равенством эффективного крутящего момента двигателя M_e и момента сопротивления потребителя M_c, т.е. соответствуют точкам пересечения (точки *D*, *E*, *K* и др. на рис. 1, *б*) статических характеристик моментов M_e (кривые *1–6*) и M_c (кривые *7–9*). Неустановившиеся режимы обычно возникают при переходе двигателя из одной точки установившегося режима в другую, т.е. при переходных процессах. Наиболее характерными переходными процессами являются разгоны двигателя (например, из точки *J* в точку *E*, рис. 1, *б*) и наброcы нагрузки (например, из точки *K* в точку *E* или из точки *L* в точку *C*).

В зависимости от назначения двигателя он эксплуатируется на различных режимах. Для транспортных дизелей наиболее характерными условиями эксплуатации являются работа в условиях быстро изменяющихся нагрузок с преобладанием неустановившихся режимов (например, внутригородские перевозки) и работа при относительно стабильной нагрузке с преобладанием установившихся режимов (движение в условиях магистрали). В первом случае автомобильные двигатели до 90 % времени работают на неустановившихся режимах [8]. Это обусловлено постоянно изменяющимися условиями движения и частым воздейст-

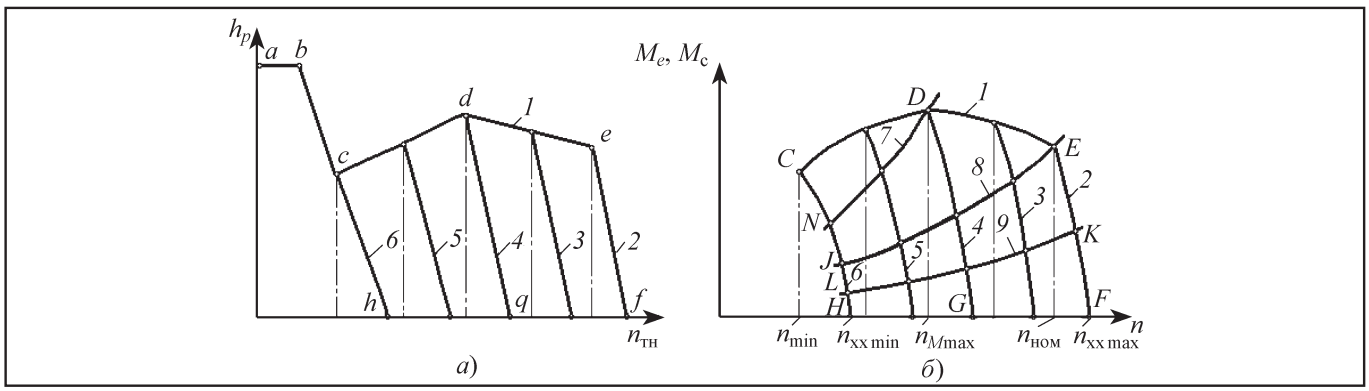


Рис. 1. *Статические характеристики положения h_p дозирующей рейки топливного насоса высокого давления – ТНВД (а), момента двигателя M_e и момента сопротивления M_c (б):*
1 – внешняя скоростная характеристика; *2* – предельная регуляторная характеристика; *3–5* – частичные регуляторные характеристики; *6* – регуляторная характеристика при минимальной частоте вращения; *7–9* – характеристики момента сопротивления

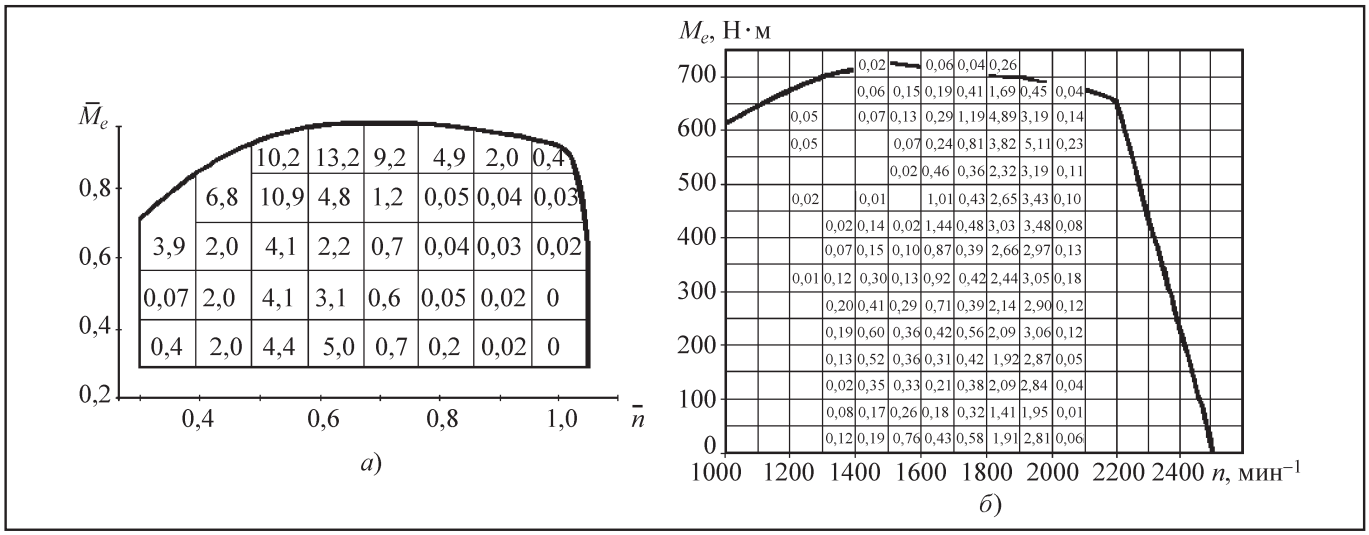


Рис. 2. *Распределения режимов работы дизеля КамАЗ-740 грузового автомобиля в условиях городского (а) и магистрального (б) движения*

вием на педаль (рычаг) управления со стороны водителя. Во внегородских (магистральных) условиях воздействия на педаль оказываются значительно реже и преобладают установившиеся режимы работы. В зависимости от условий движения транспортного средства дизели могут иметь практически любые скоростные и нагрузочные режимы в области, ограниченной внешней скоростной характеристикой *1* (см. рис. 1), предельной регуляторной характеристикой *2* и регуляторной характеристикой *6* при минимальной частоте вращения [8–10]. Отдельную группу режимов составляют пусковые режимы, соответствующие участку *a–b* (см. рис. 1, *а*) пускового обогащения внешней скоростной характеристики *1*, имеющей также участки коррекции *d–e* и отрицательной коррекции *c–d*.

Такой же диапазон частот вращения и нагрузок характерен и для автотракторных дизелей сельхозмашин, эксплуатирующихся в транспортных условиях. Дизели сельхозмашин, выполняющих технологические операции, работают в основном на режимах, близких к режимам предельной регуляторной характеристики *2* (см. рис. 1) [8, 10, 11].

Преобладание тех или иных скоростных режимов и степень использования мощности дизеля в эксплуатационных условиях определяются множеством факторов. В частности, распределение режимов работы транспортных дизелей зависит от условий эксплуатации транспортного средства, его особенностей (конструкция и число передач трансмиссии, масса перевозимого груза и др.), характеристики дороги, квалификации водителя и стиля вождения. Типичным является приведенное на рис. 2, *а* поле распределения режимов дизеля КамАЗ-740, полученное в условиях интенсивного городского движения грузового автомобиля КамАЗ-5320 [8, 12]. Двигатель установлен на полностью загруженный автомобиль общей массой 16 т. В каждой подобласти этого поля указано относительное время работы дизеля в процентах. Основную долю времени (62 %) двигатель работает в диапазоне частот вращения n = 0,48–0,67 $n_{ном}$, а в области номинальной частоты вращения – не более 2,5 % (продолжительность работы дизеля на режиме номинальной мощности не превышает 0,4 %). Время работы дизеля на режимах с полной нагрузкой (режимы внешней скоростной характеристики *1* на рис. 1) составляют около 30 % общего времени эксплуатации.

При движении транспортного средства в условиях магистрали распределение режимов работы двигателя несколько изменяется. Об этом свидетельствует, в частности, распределение режимов дизеля КамАЗ-740 автомобиля КамАЗ-5320 с полной массой 15,4 т, эксплуатируемого в условиях магистрального движения на высшей передаче (рис. 2, *б*) [8]. В этом случае преимущественными скоростными режимами (76,6 % общего времени эксплуатации) являются режимы с частотой вращения n = 1800–2000 мин$^{-1}$, т.е. при n = = 0,82–0,91 $n_{ном}$. Диапазон нагрузочных режимов

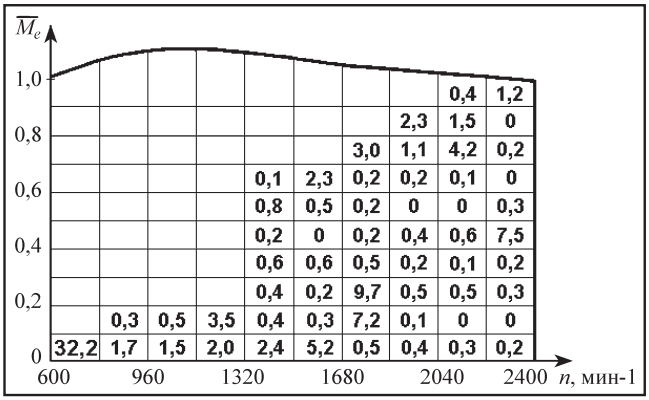


Рис. 3. *Распределение режимов работы дизеля типа Д-245 городского автобуса в условиях интенсивного городского движения*

при этом достаточно широк, но наиболее представительными (30,1 %) являются режимы с эффективным крутящим моментом M_e = 500–720 Н·м, т.е. режимы с высокой нагрузкой.

Большую долю режимов с частичной нагрузкой имеют двигатели, устанавливаемые на городские автобусы. В частности, дизель Д-245 городского автобуса, созданного на базе автомобиля ЗиЛ-5301 "Бычок", выполняющего рейс при полной загрузке (общая масса 6,95 т), работает на режиме номинальной мощности (при n = 2400 мин$^{-1}$) только 1,2 % времени (рис. 3) [8, 12]. Основную долю режимов этого двигателя составляют режимы холостого хода (около половины), причем на режим холостого хода при минимальной частоте вращения ($n_{xx\ min}$ = 600 мин$^{-1}$) приходится около трети (32,2 %) всего времени работы.

Некоторые особенности имеют распределения режимов работы автотракторных дизелей. Распределение режимов дизеля, установленного на трактор или зерноуборочный комбайн, зависит от характеристики поля и урожайности сельскохозяйственных культур, технологических приемов пахоты или уборки, особенностей сельхозмашины и стиля ее вождения. При выполнении сельскохозяйственными машинами транспортных операций распределение режимов работы дизеля определяется, в первую очередь, профилем и покрытием дороги, а также массой перевозимого груза.

В основном на распределение режимов работы тракторного дизеля влияет характер выполняемых работ. Наиболее характерны транспортные операции и основные технологические режимы. При выполнении транспортных работ (движение сельхозмашин к месту работы) дизель эксплуатируется в широком диапазоне частот вращения, а доля режимов с полной подачей топлива (режимы внешней скоростной характеристики) составляет лишь 2–3 %. Ряд технологических операций также происходит при работе двигателя в достаточно широком диапазоне скоростных режимов. Например, выгрузка зерна в процессе движения комбайна "Дон-1500", оснащенного дизелем СМД-31 (6 ЧН 12/14), проводится на режимах с частотами вращения n = 1300–2100 мин$^{-1}$ при средней частоте вращения n = 1600–1700 мин$^{-1}$ (рис. 4, *а*) [8, 12]. При этом средняя эксплуатационная мощность двига-

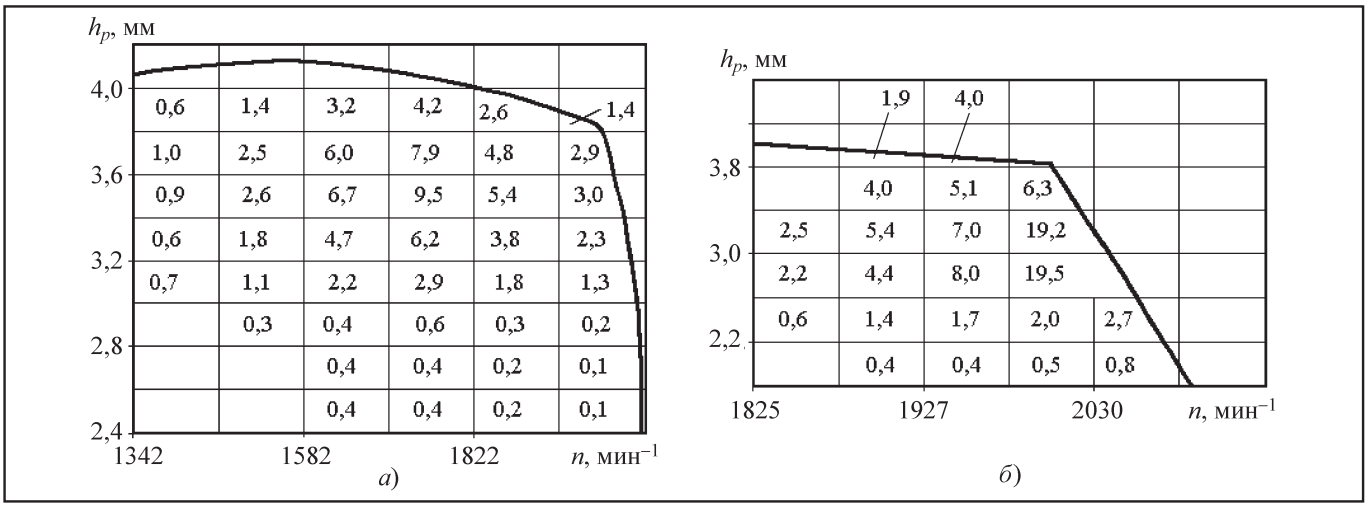


Рис. 4. *Поля распределения эксплуатационных режимов работы дизеля СМД-31 комбайна "Дон-1500" для процесса выгрузки зерна (а) и основного процесса уборки кукурузы (б)*

теля составляет 80–90 % его полной мощности. При выполнении основных технологических операций (прямое комбайнирование, пахота и др.) дизель работает в основном на режимах с большой частотой вращения (вблизи предельной регуляторной характеристики) со средней загрузкой 70–80 % (см. рис. 4, *б*).

В работе [13] приведены результаты исследований дизеля трактора типа TAFE EAGLE, эксплуатируемого в различных условиях. Это трехцилиндровый дизель с рабочим объемом iV_h = 2,5 л мощностью N_e = 30 кВт при частоте вращения n = = 2000 мин$^{-1}$. На режиме максимального крутящего момента мощность двигателя была равна N_e = = 20,5 кВт при n = 1200 мин$^{-1}$. Режим холостого хода при максимальной частоте вращения вала двигателя соответствовал n = 2200 мин$^{-1}$, а режим холостого хода при минимальной частоте вращения – n = 720 мин$^{-1}$. Масса трактора составляла 2,1 т. Трактор работал с двумя типами прицепов – массой 5 т (5370 кг) и 10 т (10335 кг). Трактор исследован на дорогах трех типов: на региональной дороге, на сельской дороге и на дороге в холмистой местности. Результаты режимометрирования дизеля при эксплуатации трактора в этих условиях представлены на рис. 5.

Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольшая загрузка исследуемого дизеля (наибольшее время работы на режимах внешней скоростной характеристики) отмечено при движении трактора с прицепом массой 10 т по региональной дороге. Так, на режиме максимальной мощности при n = 2000 мин$^{-1}$ исследуемый дизель работал 8,70 % от общего времени эксплуатации, а на режиме максимального крутящего момента при n = = 1200 мин$^{-1}$ – 13,43 % (рис. 5, *г*). При такой эксплуатации трактора получено наименьшее время работы дизеля на режиме холостого хода при минимальной частоте вращения (при n = 720 мин$^{-1}$) – всего 3,61 %. Такое распределение режимов работы обусловлено наибольшим и относительно стабильным моментом сопротивления потребителя M_c в этих условиях.

Наибольшее время работы дизеля на режиме холостого хода при минимальной частоте вращения (28,87 %) соответствует движению трактора с прицепом массой 5 т по сельской дороге (рис. 5, *б*). Наименьшая доля режимов внешней скоростной характеристики дизеля получена при эксплуатации трактора с прицепом массой 5 т по региональной дороге, сельской дороге и дороге в холмистой местности (рис. 5, *а–в*) – общее время работы на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента составило при этом 6,65, 10,86 и 10,84 % соответственно. При движении трактора с прицепом массой 10 т по сельской дороге это суммарное время составило 6,73 % (рис. 5, *д*).

Следует отметить, что показанные на рис. 5 распределения режимов работы тракторного дизеля могут существенно отличаться от режимов восьмирежимного испытательного цикла, предусмотренного стандартом ISO 8178-4 на токсичность ОГ дизелей внедорожных транспортных средств (рис. 6, *б*). В частности, в соответствии с этим циклом на номинальный режим при $n_{ном}$ = 2000 мин$^{-1}$ (режим максимальной мощности) приходится 15 % времени работы дизеля, а в полученных распределениях режимов доля этого режима изменяется от 0,32 % для трактора с прицепом массой 10 т, движущегося по сельской дороге (рис. 5, *д*), до 8,7 % для трактора с прицепом массой 10 т, движущегося по региональной дороге (рис. 5, *г*).

Практика эксплуатации различных транспортных средств и сельхозмашин и многочисленные опубликованные данные свидетельствуют о том, что каждый эксплуатационный режим работы дизеля имеет свою специфику и отличается по своим экономическим и экологическим параметрам. Об этом свидетельствуют, в частности, характеристики токсичности ОГ автотракторного дизеля Д-120 производства Владимирского тракторного завода и малогабаритного одноцилиндрового дизеля ТМЗ-450Д промышленного назначения (с разделенной КС) производства Тульского машиностроительного завода, представленные на рис. 7 и 8. Анализ этих характеристик показывает, что повышенная концентрация в ОГ оксидов азота NO_x отмечается на режимах внешней скоростной характеристики с полной подачей топлива и высокими температурами сгорания. Этим же режимам соответствуют наименьшие значения коэффициента избытка воздуха α, поэтому на них наблюдается и повышенная дымность ОГ K_X. Высокое содержание в ОГ монооксида углерода CO обычно характерно для режимов с полной подачей топлива, на которых из-за высокой температуры сгорания происходит диссоциация диоксида углерода CO_2 с образованием монооксида CO и кислорода O_2, либо для режимов с небольшой подачей топлива, на ко-

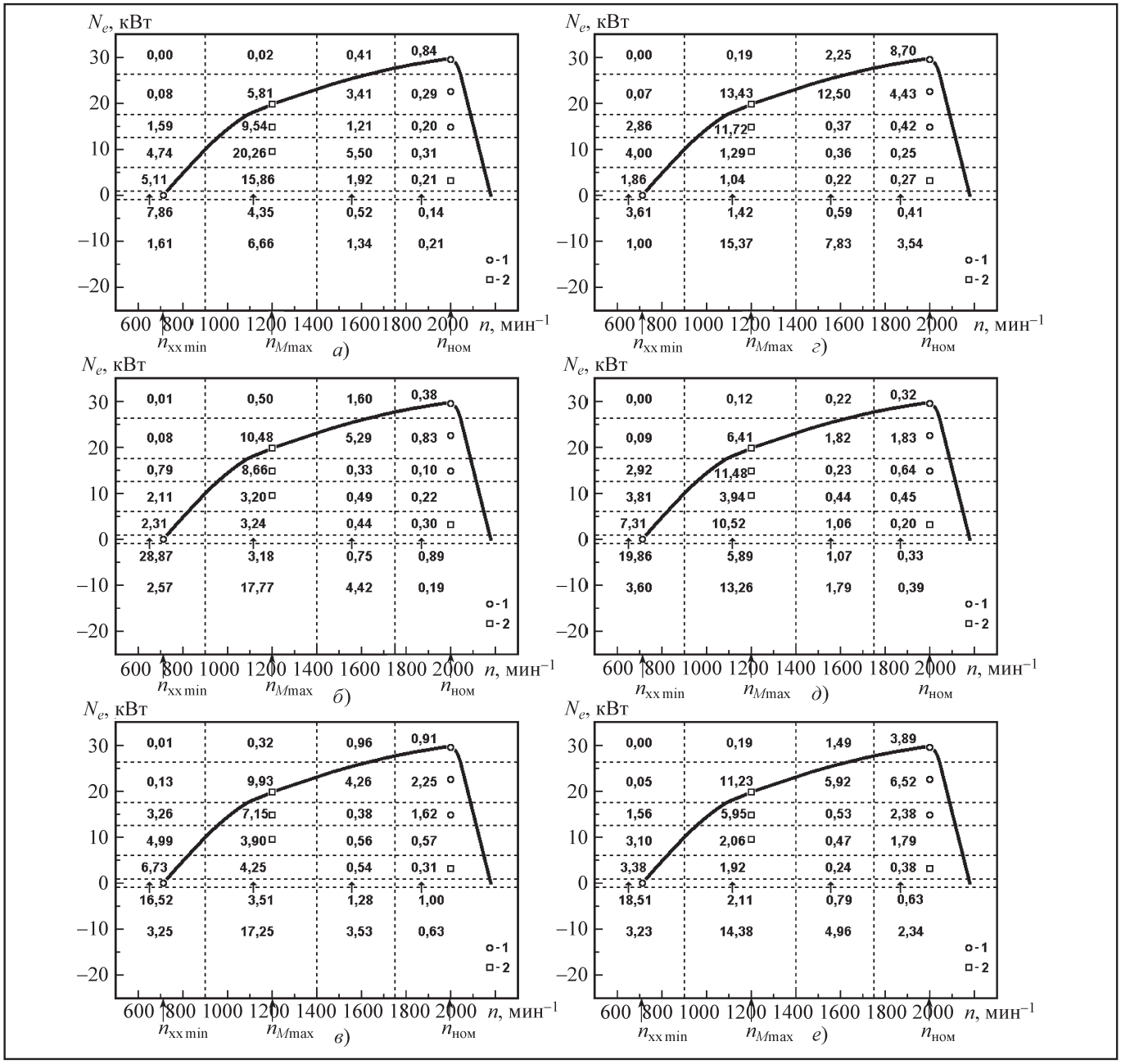


Рис. 5. *Распределения режимов работы тракторного дизеля, полученные для трактора типа TAFE EAGLE с прицепом массой 5 т (а–в) и массой 10 т (г–е):*

а, *г* – региональная дорога; *б*, *д* – сельская дорога; *в*, *е* – дорога в холмистой местности; *1* и *2* – режимы испытательного цикла ISO 8178-4 для внедорожных транспортных средств; *1* – режимы с весовым коэффициентом K_i = 15 %; *2* – режимы с весовым коэффициентом K_i = 10 %

торых повышенная эмиссия СО обусловлена невысоким качеством процессов впрыскивания, распыливания топлива, смесеобразования и сгорания топлива. Концентрация в ОГ несгоревших углеводородов CH_x в значительной степени зависит от формы камеры сгорания. Наибольшее содержание CH_x в ОГ наблюдается на режимах, форсированных по частоте вращения и нагрузке. На этих режимах дальнобойность струй распыливаемого топлива максимальна, часть топлива попадает на относительно холодные стенки камеры сгорания и не догорает. На режимах же с невысокими часто-

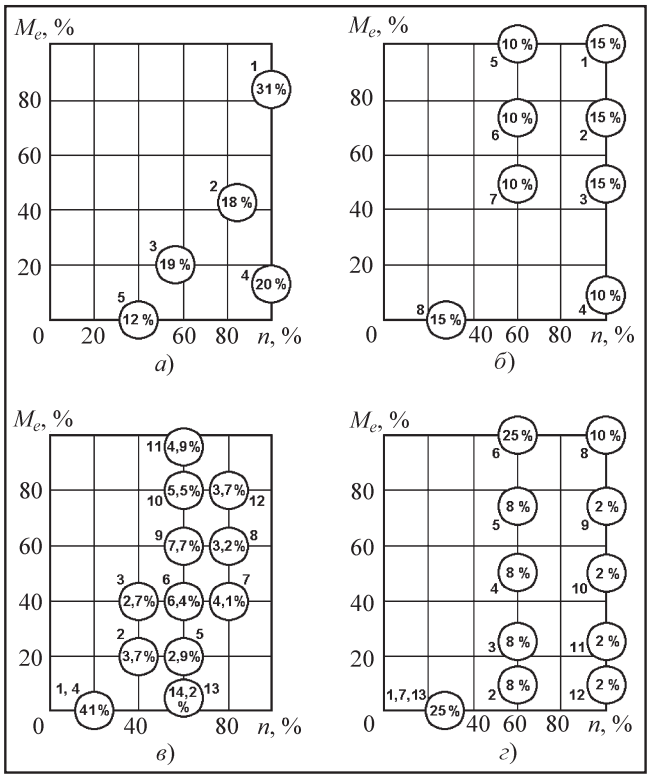


Рис. 6. *Стационарные циклы, используемые для оценки токсичности ОГ двигателей в стендовых условиях, для дизелей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и сельскохозяйственной техники:*
а – пятирежимный цикл для дизелей сельскохозяйственных тракторов (Германия); *б* – восьмирежимный цикл для двигателей внедорожников (нормы ISO 8178 C1); *в* – 13-режимный цикл для тяжелых грузовиков (Япония); *г* – европейский 13-режимный цикл (нормы ECE R49). В кружочках указана доля данного режима в общем времени работы данного цикла, принятом за 100 %; рядом с кружочком – № режима

той вращения и нагрузкой повышенный выброс CH_x вызван недогоранием топлива из-за плохого качества процессов смесеобразования и сгорания [8, 12, 14].

Следует отметить, что расход топлива и показатели токсичности ОГ рассмотренных дизелей в значительной степени зависят от режима их работы. Наилучшие показатели топливной экономичности характерны для скоростного режима, соответствующего максимальному крутящему моменту ($n_{M_{max}}$ = 0,6–0,7$n_{ном}$), при нагрузке M_e = = 0,7–0,8M_{max}. В лучших зарубежных дизелях достигнутый минимум удельного эффективного расхода топлива на указанных режимах составляет g_e = = 195–205 г/(кВт·ч). В отечественных дизелях этот показатель несколько хуже – g_e = 200–240 г/(кВт·ч) (рис. 9) [8, 11, 12, 15]. Но двигатели транспортного и автотракторного назначения работают в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. На режимах с низкой частотой вращения и невысокой нагрузкой показатели экономичности дизелей, как правило, ухудшаются (см. рис. 6, 8). Поэтому для обеспечения высокой топливной экономичности дизеля и требуемых показателей токсичности ОГ в условиях реальной эксплуатации транспортного средства необходимо совершенствование рабочих процессов дизеля в широком диапазоне режимов его работы. Это может быть достигнуто лишь при оснащении двигателя современными системами управления различными параметрами двигателя – параметрами процессов топливоподачи, воздухоснабжения, газообмена, рециркуляции ОГ и т.п. [8, 14].

Таким образом, каждый эксплуатационный режим работы дизеля вносит свой определенный вклад в интегральные показатели, характеризующие весь период эксплуатации транспортного средства. Это обстоятельство учитывается при нормировании выбросов токсичных компонентов с ОГ дизелей.

Широкомасштабные исследования по влиянию вредных выбросов с ОГ двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду и организм человека начались в 1960-х гг. в связи с резким ухудшением экологической обстановки в городах с большим скоплением автотранспорта – в первую очередь в крупных городах США (Лос-Анжелес в Калифорнии и др.) [4, 12, 14]. Начиная с принятого в США в 1970 г. закона "Clean Air Act", повсеместно стали вводиться законодательные акты по ограничению загрязнения окружающей среды автомобильными двигателями [5, 7, 16, 17].

Для дизелей наиболее значимыми токсичными компонентами ОГ признаны оксиды азота NO_x и твердые частицы ТЧ. Динамику ужесточения норм на эмиссию этих токсичных компонентов ОГ для дизелей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и стационарных двигателей в США, Японии и странах Западной Европы можно проследить по данным, приведенным на рис. 10 [12].

В настоящее время в США, Японии, странах Западной Европы введены ограничения, уста-

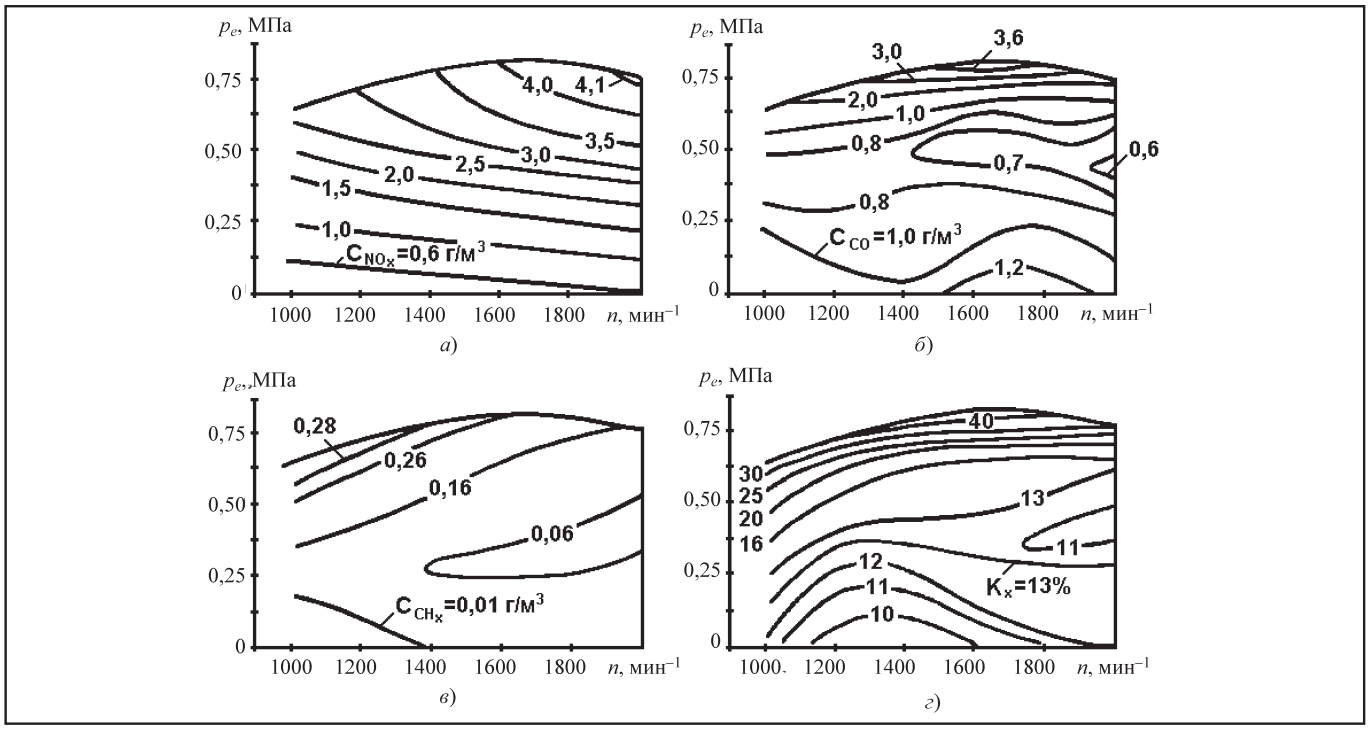


Рис. 7. *Зависимость концентраций в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (а), монооксида углерода C_{CO} (б), углеводородов C_{CH_x} (в), дымности (оптической плотности ОГ) K_x (г) от частоты вращения n и нагрузки (p_e) дизеля Д-120 (2 Ч 10,5/12)*

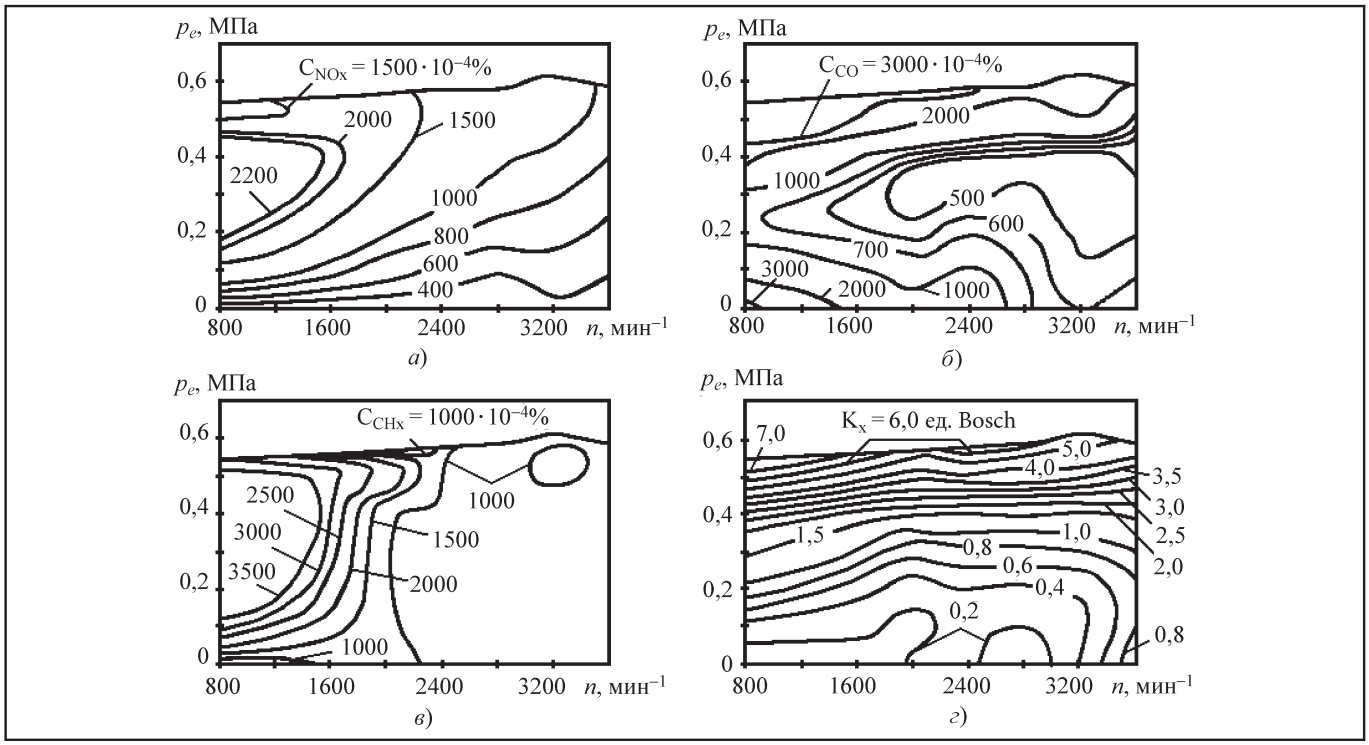


Рис. 8. *Зависимость концентраций в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (а), монооксида углерода C_{CO} (б), углеводородов C_{CH_x} (в), дымности K_x (г) от частоты вращения n и нагрузки (p_e) дизеля ТМЗ-450Д (1 Ч 8,5/8)*

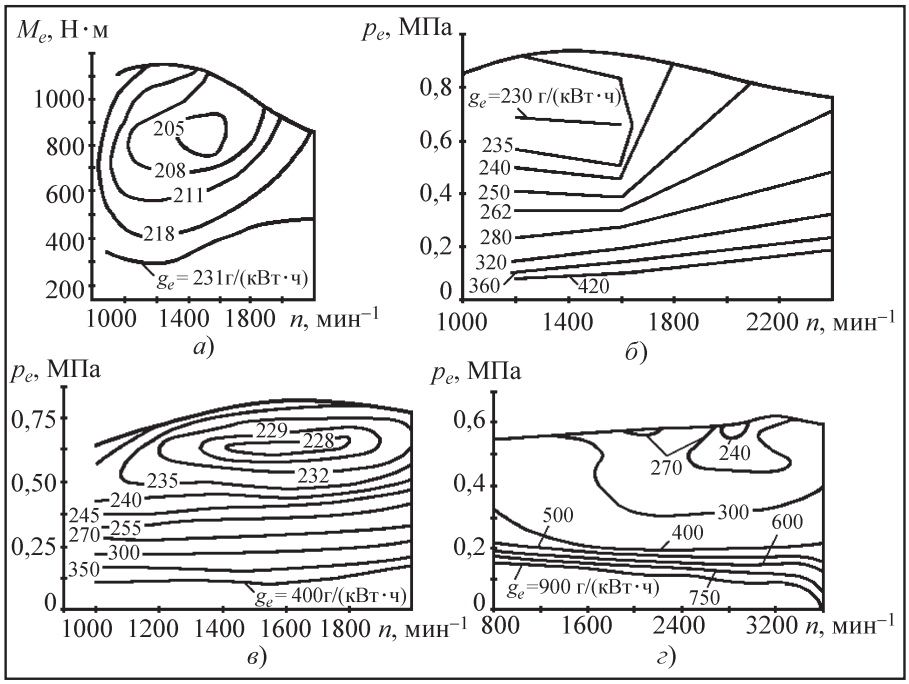


Рис. 9. *Многопараметровые характеристики дизелей:*
а – КамАЗ-7406 (8 ЧН 12/12);
б – Д-245 (4 ЧН 11/12,5); *в* – Д-120 (2 Ч 10,5/12); *г* – ТМЗ-450Д (1 Ч 8,5/8); M_e – крутящий момент двигателя; p_e – среднее эффективное давление; g_e – удельный эффективный расход топлива

навливающие максимально допустимые удельные массовые выбросы с ОГ дизелей следующих токсичных веществ: оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов CH_x, твердых частиц ТЧ [5, 8, 14, 16, 18]. В России кроме ранее действующих норм (ОСТ 37.001.234-81, ОСТ 37.001.054-86) введены и общеевропейские нормы на токсичность ОГ транспортных дизелей. Эти нормы ограничивают эмиссии NO_x, CO , CH_x, ТЧ. Предельные нормативные выбросы токсичных выбросов с ОГ дизелей серийных автомобилей полной массой до 3,5 т приведены в табл. 4. Аналогичные нормы для дизелей серийных автомобилей полной массой более 3,5 т представлены в табл. 5. Введены ограничения и на дымность ОГ – Правила ЕЭК ООН R 24-03 (табл. 6) [8, 14].

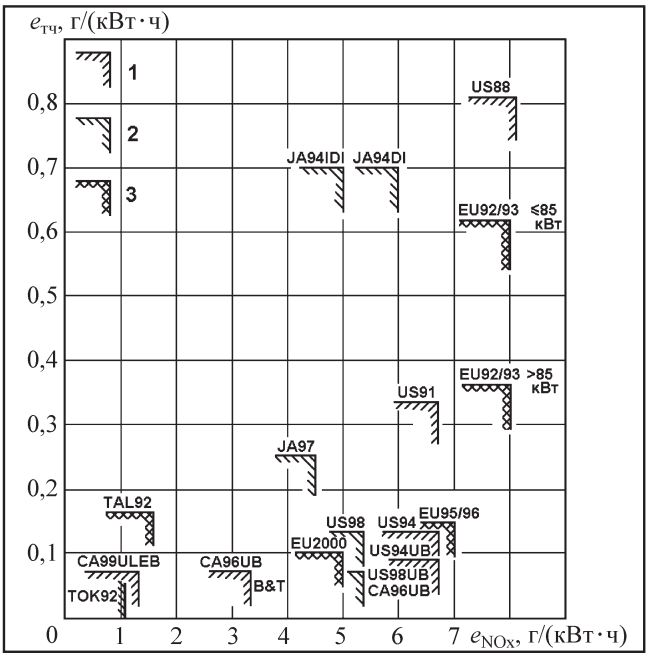


Рис. 10. *Динамика ужесточения норм на эмиссию оксидов азота e_{NOx} и твердых частиц $e_{тч}$ в дизелях грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и стационарных двигателях:*
1 – США; *2* – Япония; *3* – страны Западной Европы; US, CA, JA, EU – нормы для двигателей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, а также для автобусов; US = US / EPA – переходный испытательный цикл; CA = US / CARB – переходный цикл; JA – Япония, 13-режимный цикл; EU – Европа, 13-ступенчатый цикл ECE R49; TAL = TA-Luft – Германия, стационарные двигатели; TOK = Tokyo Metropolitan Area – для территории Токийского метрополитена, стационарные двигатели; UB = Urban Bus – городской автобус; ULEB = Ultra Low Emission Bus – автобус со сверхнизкой эмиссией вредных веществ; B&T = = Banking and Trading Participation in NO_x – участие банков и торговли в выбросах NO_x

Таблица 4

Нормы токсичных выбросов с ОГ двигателей (дизелей) серийных автомобилей полной массой до 3,5 т

Нормативный документ	Год введения		Нормы выбросов, г/км		
	в Европе	в России	CO	CH_x+NO_x	ТЧ
ОСТ 37.001.054-86	–	1990	13,33	4,94	–
Правила ЕЭК ООН R 83-02 (EURO-1)	1993	1999	2,72	0,97	0,14
Правила ЕЭК ООН R 83-03 (EURO-2)	1997	2006	1,00	0,70	0,08
Правила ЕЭК ООН R 83 (EURO-3)	2000	2008	0,64	0,56	0,05
EURO-4	2005	2010	0,50	0,30	0,025
Примечание: "–" – параметр не нормируется.					

Таблица 5

Нормы токсичных выбросов с ОГ дизелей серийных автомобилей полной массой более 3,5 т

Нормативный документ	Год введения		Нормы выбросов, г/(кВт·ч)			
	в Европе	в России	CO	CH_x	NO_x	ТЧ
ОСТ 37.001.234-81	–	1982	9,5	3,4	18,35	–
Правила ЕЭК ООН R 49	1989	1995	14,0	3,5	18,0	–
Правила ЕЭК ООН R 49-01	1991	1996	11,2	2,4	14,4	–
Правила R 49-02A (EURO-1)	1993	1999	4,5	1,1	8,0	0,36
Правила R 49-02B (EURO-2)	1997	2006	4,0	1,1	7,0	0,15
EURO-3	2000	2008	2,0	0,6	4,5	0,10
EURO-4	2005	2010	1,5	0,5	3,5	0,08
EURO-5	2008	2012	1,0	0,5	2,0	0,05
Примечание: "–" – параметр не нормируется.						

Методы контроля токсичности и дымности ОГ различаются программами испытаний, моделирующими основные режимы работы автотракторного или транспортного дизеля в типичных условиях эксплуатации, а также измерительной аппаратурой и методиками отбора проб. При оценке

Таблица 6

Нормы дымности ОГ дизелей

Нормативный документ	Год введения	Нормы дымности ОГ дизелей	
		по внешней скоростной характеристике, $K_{x\,вн}$	при свободном ускорении, $K_{x\,су}$
ГОСТ 17.2.2.01–84	1985	$K_{x\,вн} \le 60–34$ % (в зависимости от расхода ОГ)	Для дизелей без наддува $K_{x\,су} \le K_{x\,вн}$, % Для дизелей с наддувом $K_{x\,су} \le 1{,}1\ K_{x\,вн}$, %
Правила ЕЭК ООН R 24-02	1986	$K_{x\,вн} \le 60–34$ % или $K_{x\,вн} \le 2{,}26–1{,}065$ м$^{-1}$ (в зависимости от расхода ОГ)	$K_{x\,су} \le K_{x\,вн} + 0{,}5$, м$^{-1}$

токсичности ОГ используют два принципиально различных метода исследований: испытания на установившихся режимах при постоянстве параметров двигателя и испытания на переходных режимах при изменяющихся параметрах.

Некоторые из стационарных испытательных циклов, применяемых для оценки токсичности дизелей различного назначения, приведены на рис. 6. Эти испытательные циклы в той или иной мере отражают реальные распределения режимов работы дизеля (см. рис. 2–5).

Для оценки токсичности ОГ дизелей сельскохозяйственных тракторов в Германии используют 5-режимный испытательный цикл (см. рис. 6, *а*). Основным режимом этого цикла (31 % времени работы) является режим с номинальной частотой вращения и высокой нагрузкой (около 85 % от полной нагрузки). Включен в этот цикл и режим холостого хода при минимальной частоте вращения коленчатого вала. Оценка интегральной токсичности ОГ дизелей транспортного назначения проводится на режимах европейского 13-режимного цикла (нормы ECE R49, см. рис. 6, *г*), используемого для оценки токсичности ОГ транспортных средств, грузоподъемностью более 3,5 т. Однако токсичность ОГ тракторного дизеля целесообразно оценивать и с использованием 5-режимного цикла. Эти два испытательных цикла имеют существенные различия. В 13-режимном цикле только 18 % времени работы дизеля приходится на режимы с большой частотой вращения (85–100 % от номинальной), а в 5-режимном цикле – целых 69 %. Во втором случае эти режимы соответствуют выполнению тракторами технологических операций (пахота и др.). В 13-режимном цикле 55 % времени работы приходится на режимы со средней и большой нагрузкой (50–100 % от полной), а в 5-режимном цикле – 31 %. Отличается 5-режимный цикл и малой долей времени, отводимой на режим холостого хода при минимальной частоте вращения (только 12 % против 25 % в 13-режимном цикле).

В связи с указанными отличиями 13-режимного и 5-режимного циклов, а также в связи с тем, что рассматриваемые испытательные циклы недостаточно точно отражают реальные эксплуатационные условия эксплуатации тракторов и других сельскохозяйственных машин, возникает необходимость сравнения интегральной токсичности ОГ автотракторных дизелей при использовании этих испытательных циклов. Целесообразно также определить один режим работы дизеля, косвенно характеризующий интегральные показатели токсичности ОГ дизелей, получаемые в стендовых условиях.

При проведении указанного исследования использованы экспериментальные данные рис. 11 по дизелю Д-245.12С, работающему на смесях нефтяного ДТ и рапсового масла, приведенные на работе [4]. Выбор этого дизеля в качестве объекта исследования обусловлен еще и тем, что он устанавливается как на малотоннажные грузовые автомобили ЗиЛ-5301 "Бычок" и автобусы Павловского автомобильного завода (ПАЗ), так и на тракторы "Беларусь" Минского тракторного завода (МТЗ). Некоторые параметры исследуемого дизеля приведены в табл. 7.

В дизеле типа Д-245.12С использована камера сгорания (КС) типа ЦНИДИ и организовано объемно-пленочное (пристеночное) смесеобразование с частичным попаданием топливных струй на горячие боковые стенки КС, прилегающие к горловине (рис. 12) [4, 19]. Это позволяет обеспечить стабильное воспламенение биотоплив (РМ и его смесей с ДТ), отличающихся от нефтяного ДТ несколько худшей воспламеняемостью (пониженным цетановым числом).

В работе [4] с использованием экспериментальных данных рис. 11 и общепринятой методики рассчитаны показатели интегральной токсичности ОГ дизеля Д-245.12С. Удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ (оксидов азота e_{NO_x}, монооксида углерода e_{CO}, несгоревших углеводородов e_{CH_x}) определялись на режимах 13-режимного испытательного цикла норм ECE R49 с использованием соотношений

$$e_{NO_x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{NO_x i \cdot K_i}}{\sum_{i=1}^{13} N_{e\,i} \cdot K_i}, \quad e_{CO} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{CO_i \cdot K_i}}{\sum_{i=1}^{13} N_{e\,i} \cdot K_i},$$

$$e_{CH_x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{CH_x i \cdot K_i}}{\sum_{i=1}^{13} N_{e\,i} \cdot K_i}. \qquad (1)$$

Результаты этих исследований приведены в табл. 8.

При расчете интегральных удельных выбросов токсичных компонентов на режимах 5-режимного цикла использованы соотношения, аналогичные

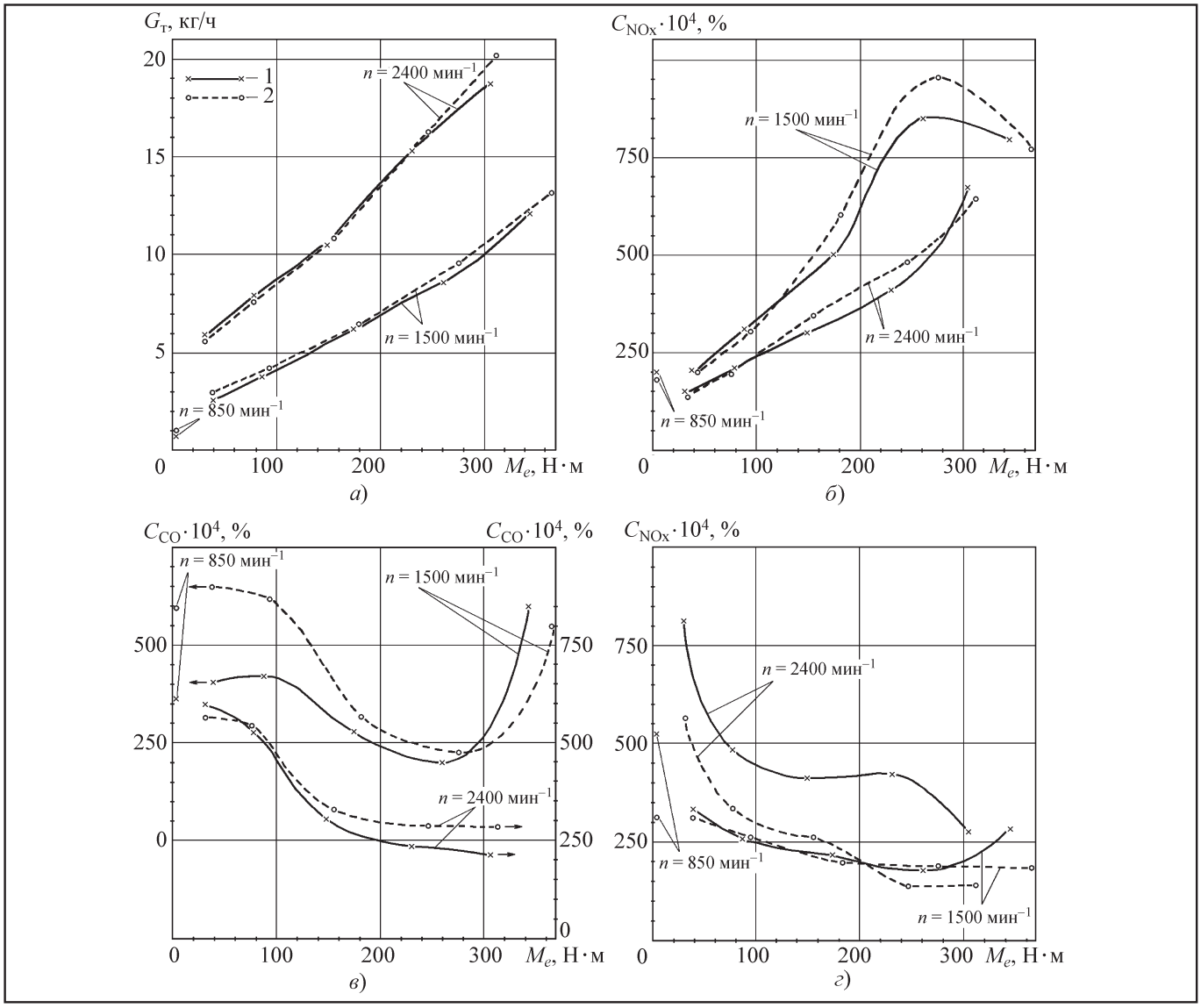


Рис. 11. *Зависимость часового расхода топлива G_m (а), объемных концентраций в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (б), монооксида углерода C_{CO} (в) и несгоревших углеводородов C_{CH_x} (г) от частоты вращения n и крутящего момента M_e дизеля типа Д-245.12С:*
1 – ДТ; *2* – смесь 80 % ДТ и 20 % РМ

соотношениям (1). Для 5-режимного цикла эти соотношения имеют вид:

$$e_{NO_x} = \frac{\sum_{i=1}^{5} E_{NO_x i\cdot K_i}}{\sum_{i=1}^{5} N_{e\,i}\cdot K_i};\ e_{CO} = \frac{\sum_{i=1}^{5} E_{CO_i\cdot K_i}}{\sum_{i=1}^{5} N_{e\,i}\cdot K_i},$$

$$e_{CH_x} = \frac{\sum_{i=1}^{5} E_{CH_x i\cdot K_i}}{\sum_{i=1}^{5} N_{e\,i}\cdot K_i}, \qquad (2)$$

где E_{NO_x}, E_{CO}, E_{CH_x} – часовые массовые выбросы токсичных компонентов на одном из режимов; K_i – весовой коэффициент (отражает долю времени этого режима); $\sum(N_{ei}\cdot K_i)$ – условная средняя мощность дизеля за 5-режимный испытательный цикл. При расчете удельных массовых выбросов e_{NO_x}, e_{CO}, e_{CH_x} данные рис. 11, полученные для режимов 13-режимного цикла, были интерполированы для режимов 5-режимного цикла. При этом использованы следующие соотношения для расчета часовых массовых выбросов токсичных компонентов ОГ E_{NOx}, E_{CO}, E_{CHx} на основании данных по их объемному содержанию в ОГ C_{NO_x}, C_{CO}, C_{CH_x} [14]:

$$E_{NO_x} = 0{,}001587 C_{NO_x} G_{ОГ} K_{влаж};$$

Таблица 7

Параметры дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5)

Параметры	Значение	Параметры	Значение
Тип двигателя	Четырехтактный, рядный, дизельный	Система охлаждения	Водяная, принудительная
Число цилиндров	4	Система смазки	Принудительная, с разбрызгиванием
Диаметр цилиндра, мм	110	Фильтр масляный	Сетчатый
Ход поршня, мм	125	Насос масляный	Шестеренчатый
Рабочий объем цилиндра, л	1,08	Система питания	Разделенного типа
Общий рабочий объем, л	4,32	Топливный насос высокого давления (ТНВД)	Рядный типа PP4M10U1f фирмы Motorpal с всережимным центробежным регулятором
Степень сжатия	16,0	Диаметр плунжеров ТНВД, мм	10
Система турбонаддува	Турбокомпрессор ТКР-6 Борисовского завода автоагрегатов	Ход плунжеров ТНВД, мм	10
Тип камеры сгорания, способ смесеобразования	Камера сгорания типа ЦНИДИ, объемно-пленочное смесеобразование	Длина нагнетательных топливопроводов, мм	540
Номинальная частота вращения, мин$^{-1}$	2400	Форсунки	Типа ФДМ-22 производства ОАО "Куроаппаратура" (г. Вильнюс)
Номинальная мощность, кВт	80	Распылители форсунок	Фирмы Motorpal типа DOP 119S534 с пятью сопловыми отверстиями диаметром $d_р$ = = 0,34 мм и проходным сечением $\mu_р f_р$ = 0,250 мм^2
Литровая мощность, кВт/л	18,5		
Механизм газораспределения	Клапанного типа с верхним расположением клапанов	Давление начала впрыскивания форсунок, МПа	21,5

$$E_{CO} = 0{,}000966 C_{CO} G_{ОГ} K_{влаж};$$

$$E_{CH_x} = 0{,}000478 C_{CH_x} G_{ОГ} K_{влаж},$$

где $K_{влаж}$ = 1,0–1,85($G_{топл}/G_{сух.\ возд}$) – коэффициент, учитывающий влажность воздуха ($G_{топл}$ – расход топлива; $G_{сух.\ возд}$ – расход сухого воздуха). Рассчитанные таким образом удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ на режимах 5-режимного цикла представлены в табл. 8.

Анализ полученных расчетных данных (табл. 8) показывает, что интегральные показатели токсичности ОГ дизеля Д-245.12С, работающих на смесях нефтяного ДТ с рапсовым маслом на режимах этих циклов, имеют существенные отличия. В частности, на режимах 5-режимного цикла исследуемый дизель имеет меньшие интегральные выбросы оксидов азота e_{NO_x} (на 3–10 %), но повышенные выбросы монооксида углерода e_{CO} (на 20–26 %) и несгоревших углеводородов e_{CH_x} (на 30–54 %) по сравнению с работой на режимах 13-режимного цикла. Это связано с большей долей режимов с высокой нагрузкой в 13-режимном цикле. Как отмечено выше, в 13-режимном цикле 55 % времени работы приходится на режимы со средней и большой нагрузкой (50–100 % от полной), а в 5-режимном цикле – только 31 %.

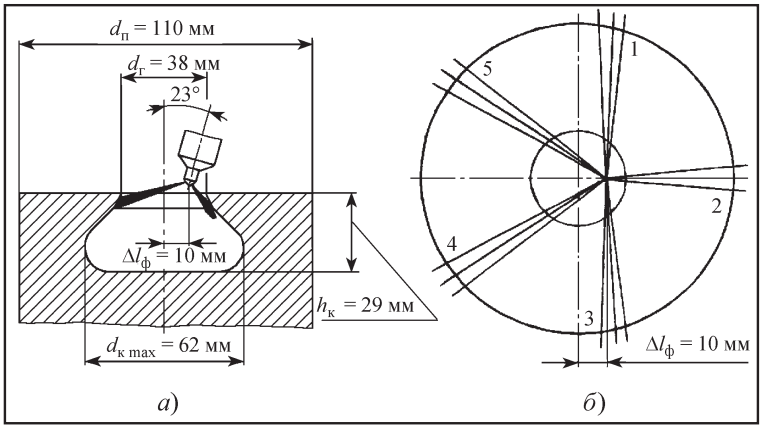


Рис. 12. *Камера сгорания дизеля типа Д-245.12С со схемой расположения форсунки (а) и ориентация струй распыливаемого топлива в КС (б):*
1–5 – номера струй распыливаемого топлива

Как отмечено выше, для уменьшения трудоемкости исследований при оценке интегральной токсичности ОГ на режимах этого цикла целесообразно выбрать один наиболее представительный режим дизеля, который косвенно характеризует показатели токсичности ОГ, рассчитанные по соотношениям (2). Анализ полученных с использованием этих соотношений результатов показывает,

Таблица 8

Показатели дизеля типа Д-245.12С, работающего на смесях нефтяного дизельного топлива и рапсового масла на различных режимах

Показатели дизеля	Объемное содержание РМ в смеси с ДТ, %			
	0	20	40	60
Интегральные удельные выбросы токсичных компонентов на режимах 13-режимного цикла, г/(кВт·ч):				
оксиды азота e_{NO_x}	7,442	7,159	7,031	6,597
монооксид углерода e_{CO}	3,482	3,814	3,880	3,772
несгоревшие углеводороды e_{CH_x}	1,519	0,965	0,949	1,075
Интегральные удельные выбросы токсичных компонентов на режимах 5-режимного цикла, г/(кВт· ч):				
оксиды азота e_{NO_x}	6,848	6,938	6,701	5,970
монооксид углерода e_{CO}	4,726	5,158	5,084	4,743
несгоревшие углеводороды e_{CH_x}	3,310	1,784	1,460	1,556
Удельные выбросы токсичных компонентов на режиме с $n = n_{ном}$ и М = М, г/(кВт·ч):				
оксиды азота e_{NO_x}	6,142	6,351	5,653	5,610
монооксид углерода e_{CO}	3,742	3,815	3,553	3,359
несгоревшие углеводороды e_{CH_x}	2,608	1,577	0,933	0,994

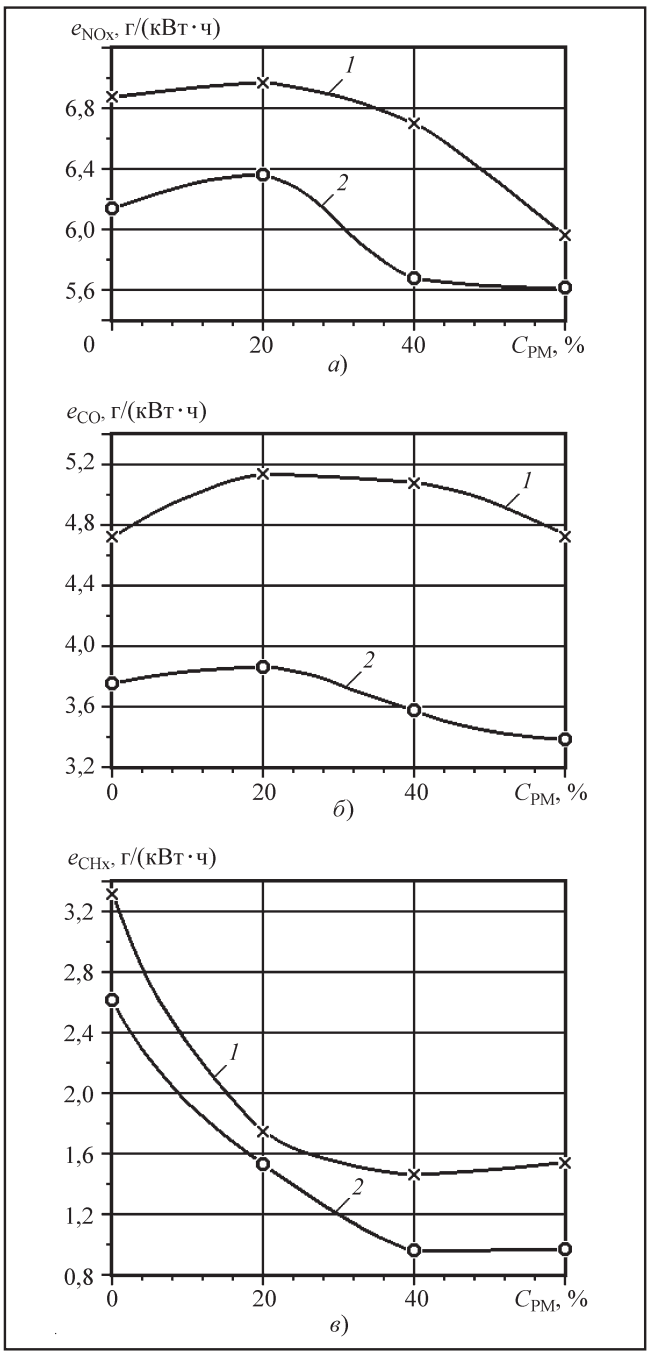


Рис. 13. *Зависимости удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NO_x}, монооксида углерода e_{CO} и несгоревших углеводородов e_{CH_x} дизеля типа Д-245.12С от содержания РМ в смеси с нефтяным ДТ C_{PM}:*
1 – рассчитанные для режимов пятирежимного цикла;
2 – рассчитанные для режима с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой

что в качестве такого режима целесообразно выбрать режим дизеля с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой. Для этого режима удельные массовые выбросы токсичных компонентов e_{NO_x}, e_{CO}, e_{CH_x} определялись по формулам:

$$e_{NO_x} = \frac{E_{NO_x}}{N_e};$$

$$e_{CO} = \frac{E_{CO}}{N_e};$$

$$e_{CH_x} = \frac{E_{CH_x}}{N_e}, \qquad (4)$$

где E_{NO_x}, E_{CO}, E_{CH_x} – часовые массовые выбросы токсичных компонентов ОГ на рассматриваемом режиме; N_e – эффективная мощность двигателя на этом режиме. Полученные при расчете значения e_{NO_x}, e_{CO}, e_{CH_x} сведены в табл. 8.

Представленные в табл. 8 и на рис. 13 данные свидетельствуют о том, что режим работы тракторного дизеля с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой может быть использован для оценки интегральной токсичности ОГ этого двигателя в условиях реальной эксплуатации. Несмотря на имеющиеся различия в значениях удельных выбросов нормируемых токсичных компонентов ОГ, полученных для 5-режимного испытательного цикла (рис. 6, *а*) и для режима с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой, характер полученных зависимостей этих выбросов от содержания РМ в смеси с нефтяным ДТ идентичен (см. рис. 12).

Возможность использования режима с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой для оценки интегральной эксплуатационной токсичности ОГ тракторного дизеля подтверждается данными работы [20], в которой для этой цели предложен 4-режимный испытательный цикл (рис. 14). Основными режимами этого цикла являются два режима с номинальной частотой вращения и нагрузками, равными 50 и 75 % от полной, на долю которых приходится 80 % всего времени этого испытательного цикла.

Другим фактором, подтверждающим возможность использования режима с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой для оценки интегральной эксплуатационной токсичности ОГ тракторного дизеля, является распределение экс-

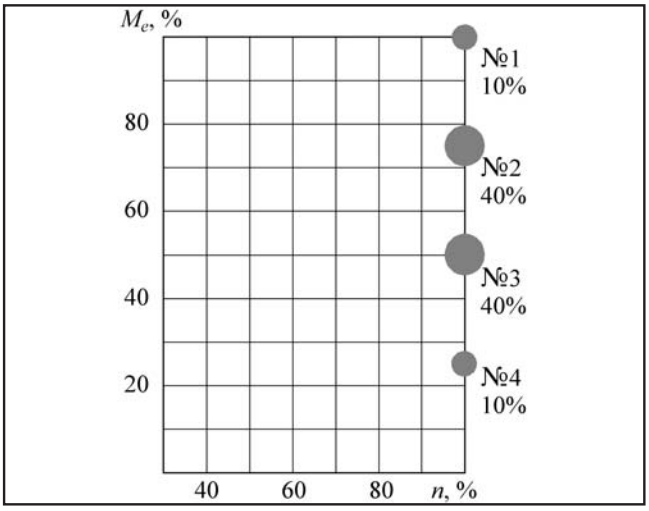


Рис. 14. *Предложенный в работе [20] четырехрежимный испытательный цикл для оценки токсичности ОГ дизелей сельхозмашин*

плуатационных режимов работы дизеля СМД-31 комбайна "Дон-1500" для основного процесса уборки кукурузы (рис. 4, *б*). Это распределение свидетельствует о том, что доля режимов этого дизеля при номинальной частоте вращения и нагрузке, соответствующей положению дозирующей рейки ТНВД $h_р$ = 2,6–3,4 мм (40–80 % полной нагрузки), приходится около 40 % всего времени работы такого дизеля.

Заключение

1. Распределение режимов работы дизелей сельскохозяйственных машин, выполняющих технологические операции, существенно отличается от распределения режимов двигателей транспортных средств, работающих в условиях интенсивного городского движения. В первом случае преобладают режимы работы с максимальной (номинальной) частотой вращения. Их доля превышает 50 % общего времени эксплуатации.

2. Используемые для оценки токсичности ОГ транспортных дизелей 13-режимный цикл норм ECE R49 и 5-режимный испытательный цикл, применяемый для тракторов и сельхозмашин, имеют существенные различия. В 13-режимном цикле только 18 % времени работы дизеля приходится на режимы с большой частотой вращения (85– 100 % от номинальной), а в 5-режимном цикле – целых 69 %. В 13-режимном цикле 55 % времени работы приходится на режимы со средней и большой нагрузкой (50–100 % от полной), а в 5-режимном цикле – 31 %. Отличается 5-режимный цикл и малой долей времени, отводимой на режим холостого хода при минимальной частоте вращения (только 12 % против 25 % в 13-режимном цикле).

3. В связи с указанными отличиями 13-режимного и 5-режимного циклов, а также в связи с тем, что рассматриваемые испытательные циклы недостаточно точно отражают реальные эксплуатационные условия эксплуатации тракторов и других сельскохозяйственных машин, возникает целесообразно провести сравнение интегральной токсичности ОГ автотракторных дизелей при использовании этих испытательных циклов, а также определить один режим работы дизеля, косвенно характеризующий интегральные показатели токсичности ОГ дизелей, получаемые в стендовых условиях.

4. Анализ экспериментальных и расчетных данных по дизелю Д-245.12С, устаналиваемому как на малотоннажные грузовые автомобили ЗиЛ-5301 "Бычок" и автобусы Павловского автомобильного завода (ПАЗ), так и на тракторы "Беларусь" Минского тракторного завода (МТЗ), показал, что в качестве такого режима целесообразно выбрать режим с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой.

5. Интегральные показатели токсичности ОГ дизеля Д-245.12С, работающих на смесях нефтяного ДТ с рапсовым маслом на режимах этих циклов, имеют существенные отличия. В частности, на режимах 5-режимного цикла исследуемый дизель имеет меньшие интегральные выбросы оксидов азота e_{NO_x} (на 3–10 %), но повышенные выбросы монооксида углерода e_{CO} (на 20–26 %) и несгоревших углеводородов e_{CH_x} (на 30–54 %) по сравнению с работой на режимах 13-режимного цикла. Это связано с большей долей режимов с высокой нагрузкой в 13-режимном цикле.

6. Режим работы тракторного дизеля с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой может быть использован для оценки интегральной токсичности ОГ этого двигателя в условиях реальной эксплуатации. Несмотря на имеющиеся различия в значениях удельных выбросов нормируе-

мых токсичных компонентов ОГ, полученных для 5-режимного испытательного цикла и для режима с номинальной частотой вращения и 50%-ной нагрузкой, характер полученных зависимостей этих выбросов от содержания РМ в смеси с нефтяным ДТ идентичен.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. **Марков В.А., Девянин С.Н., Зыков С.А., Гайдар С.М.** Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания. М.: НИЦ "Инженер" (Союз НИО), 2016. 292 с.

3. **Васильев И.П.** Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. Луганск: Изд-во Восточноукраинского университета им. В. Даля, 2009. 240 с.

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

5. **Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1998. 216 с.

6. **Якубовский Ю.** Автомобильный транспорт и защита окружающей среды: Перевод с польского Т.А. Бобковой. М.: Транспорт,1979. 198 с.

7. **Звонов В.А.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1981. 160 с.

8. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Топливная аппаратура и системы управления дизелей. Учебник для вузов. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. 344 с.

9. **Костин А.К., Пугачев Б.П., Кочинев Ю.Ю.** Работа дизелей в условиях эксплуатации: Справочник / Под ред. А.К. Костина. Л.: Машиностроение, 1989. 283 с.

10. **Ждановский Н.С., Николаенко А.В., Шкрбак В.С. и др.** Режимы работы двигателей энергонасыщенных тракторов. Л.: Машиностроение, 1981. 240 с.

11. **Взоров Б.А., Молчанов К.К., Трепененков И.И.** Снижение расхода топлива сельскохозяйственными тракторами путем оптимизации режимов работы двигателей // Тракторы и сельхозмашины. 1985. № 6. С. 10–14.

12. **Александров А.А., Архаров И.А., Марков В.А. и др.** Нефтяные моторные топлива: экологические аспекты применения / Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2014. 691 с.

13. **Jankovic S., Balasubramanian S., Roy C.** Correlation Between Agricultural Tractor's Diesel Engine on Road Service Load and Regulations for Exhaust Emission Testing // SAE Technical Paper Series. 2001. № 2001-01-3345. P. 1–7.

14. **Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И.** Токсичность отработавших газов дизелей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. 376 с.

15. **Алексеев В.П., Воронин В.Ф., Грехов Л.В. и др.** Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.

16. **Кульчицкий А.Р.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2000. 256 с.

17. **Лиханов В.А., Сайкин А.М.** Снижение токсичности автотракторных дизелей. М.: Колос, 1994. 224 с.

18. **Звонов В.А., Корнилов Г.С., Козлов А.В. и др.** Оценка и контроль выбросов дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей. М.: Изд-во "Прима-Пресс-М", 2005. 312 с.

19. **Иванченко Н.Н., Семенов Б.Н., Соколов В.С.** Рабочий процесс дизелей с камерой в поршне. Л.: Машиностроение, 1972. 231 с.

20. **Быковская Л.И.** Оценка эффективности применения многокомпонентных биотоплив в дизельных двигателях сельскохозяйственных машин: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства. М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 2013. 182 с.

УДК 621.436.2; 621.4-1/-3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАЧИ ТОПЛИВА С ВОДОЙ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ ДИЗЕЛЯ НА ЕГО ПОКАЗАТЕЛИ

А.В. Бижаев, канд. техн. наук; **С.Н. Девянин,** д-р техн. наук, Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А. Тимирязева; **В.А. Марков,** д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Решение экологических проблем в двигателях внутреннего сгорания остается актуальной задачей. Одним из способов ее решения рассматривают добавку воды в цилиндры двигателя вместе с топливом. Подача воды в двигатель может осуществляться различными способами, как вместе с воздухом на впуске, так и вместе с топливом в цилиндр. В представленных результатах приводится анализ влияния способа подачи воды на характеристики двигателя по токсичности отработавших газов, эффективности работы и его тепловому состоянию. Отмечено различное влияние на показатели двигателя способа подачи воды.

Ключевые слова: *добавка воды в ДВС; способ подачи воды; снижение токсичности ОГ.*

THE STUDY OF FUEL DELIVERY WITH WATER INTO THE COMBUSTION CHAMBER OF A DIESEL ENGINE ON ITS INDICATORS

Bizhaev A.V., Ph.D of technical sciences; **Devyanin S.N.,** D-r of technical sciences, Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev; **Markov V.A.,** D-r of technical sciences, MGTU im. N.E. Bauman, Moscow

Solving environmental problems in internal combustion engines remains an urgent task. One way to solve it is to add water to the engine's cylinders along with the fuel. The water can be supplied to the engine in various ways, both with air at the inlet and with the fuel in the cylinder. The presented results analyze the effect of the water supply method on the engine performance by exhaust gas toxicity, operating efficiency and its thermal state. There is a different effect on the engine performance of the water supply method.

Keywords: *water additive in ICE; a way of water supply; reduction of exhaust gas toxicity.*

Добавка воды в камеру сгорания (КС) дизелей является эффективным методом снижения токсичных выбросов отработавших газов (ОГ) [1, 2]. В связи с этим возникает проблема выбора способа подачи воды в цилиндр. Для данного исследования были выбраны два наиболее распространенных и рациональных по трудозатратам способа подачи воды:

– через штатные форсунки с топливом;

– через специальную систему с воздухом.

Подача воды с топливом осуществляется в виде водотопливной эмульсии (ВТЭ), через штатную топливную форсунку топливным насосом высокого давления (ТНВД). Данная система работает на ВТЭ так же, как и с дизельным топливом (ДТ) в обычном режиме, за исключением наличия системы для приготовления эмульсии.

Подача воды с воздухом осуществляется посредством специальной системы, дозирующей количество воды за счет продолжительности впрыскивания и впрыскивающей ее во впускной тракт двигателя через специальные электроуправляемые форсунки. Расходом и частотой открытия управляет электронная система, специально разработанная для данной системы. Форсунка совершает впрыск воды во впускной коллектор синхронно с системой газообмена до открытия впускного клапана каждого цилиндра. Угол начала подачи воды управляемый, оценивается относительно НМТ положения кривошипа коленчатого вала двигателя и может иметь как положительное, так и отрицательное значение.

Исследования проводились на дизельном двигателе Д-120 номинальной мощностью 20 кВт. Тормозной стенд мощностью 125 кВт содержал индикаторы частоты вращения вала и крутящего момента двигателя. Для индикации расхода топлива или ВТЭ использовался расходомер "DFM". Расход воды на впуск определялся по периоду открытия форсунки осциллографом "С1-117". Для замеров токсичности ОГ использовался 5-компонентный газоанализатор "Инфракар 5М-2.02". Количество сажи в ОГ измерялось дымомером Bosch фильтрацией порции ОГ через фильтровальную бумагу марки "Ф". Тепловое состояние головки цилиндра оценивалось термопарой типа "ХК" заводского исполнения.

В экспериментах на ДТ, ВТЭ и с подачей воды на впуске расход воды изменялся от 0 до 100 % от массы поданного топлива.

Результаты испытаний двигателя в виде нагрузочных характеристик при частоте вращения 1800 мин$^{-1}$ с подачей воды в количестве 40 % с ВТЭ и с воздухом на впуске, а также без подачи воды представлены на рис. 1. Как следует из полученных результатов при подаче воды в виде эмульсии, на высоких нагрузках отмечается повышение эффективного КПД двигателя с 0,36 до 0,38 (рис. 1, *а*), однако без дополнительной регулировки ТНВД максимальная мощность уменьшается с 19 до 13,5 кВт. Этот эффект объясняется снижением количества подаваемого топлива пропорционально доле воды в водно-топливной эмульсии. При добавке такого же количества воды с воздухом

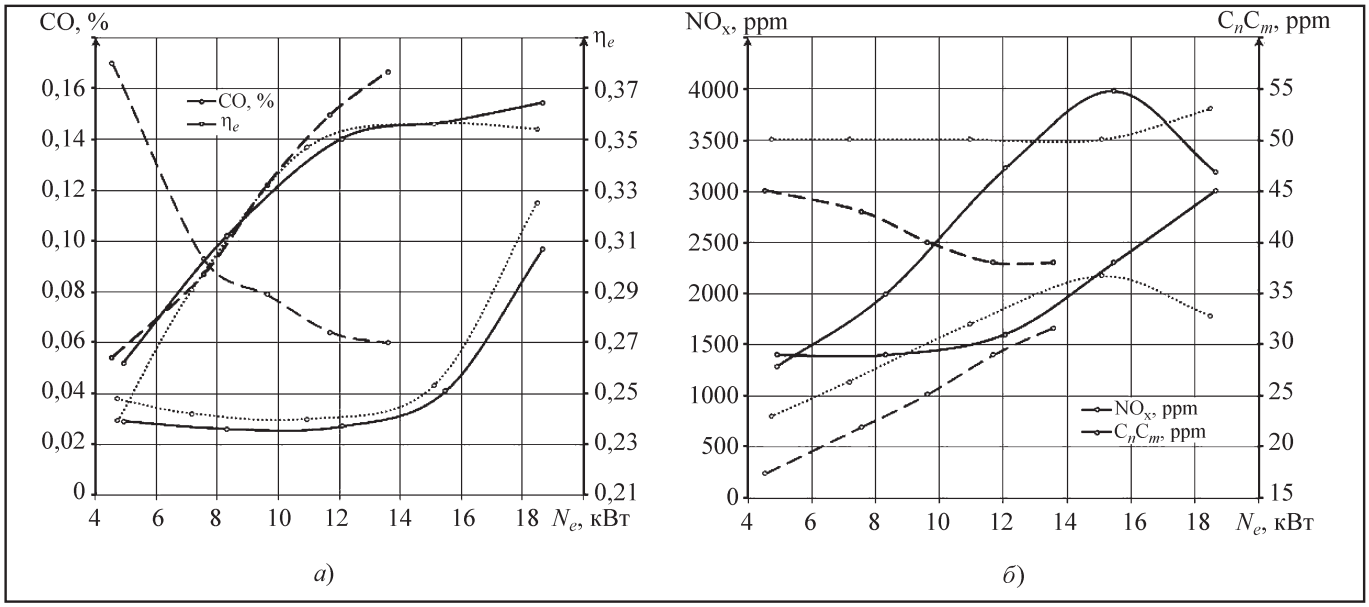


Рис. 1. *Зависимости токсичных показателей и КПД от нагрузки ДВС:*
а – η_e (эффективный КПД) и CO (монооксид углерода); *б* – NO_x (оксиды азота) и C_xH_y (углеводороды) ДТ — ——; ВТЭ – - - - - ; добавка воды с воздухом ·····

снижение мощности двигателя не наблюдается, однако эффективный КПД на низких нагрузках снижается с 0,26 до 0,24.

Более существенное влияние подача воды оказывает на токсичные показатели. При подаче воды с воздухом монооксид углерода CO выше на 0,01–0,02 % (рис. 1, *а*), чем при работе на ДТ во всем диапазоне нагрузок. При подаче воды с ВТЭ увеличение CO существенно выше и при мощности 13,5 кВт составляют 0,06 %, что выше почти в 2 раза, а на малых нагрузках выбросы CO достигают 0,16 %, что превышает выбросы на ДТ почти в 5 раз. Такое различие можно объяснить более существенным снижением температуры в зоне горения топлива при подаче воды с ВТЭ. Снижение температуры в зоне горения приводит к снижению скорости сгорания и увеличению продуктов неполного сгорания [3], что и подтверждается представленными результатами экспериментальных данных.

Выбросы углеводородов также являются продуктами неполного сгорания топлива и при подаче воды их количество увеличивается из-за снижения температуры сгорания (рис. 1, *б*). При подаче воды с воздухом на участке 5–12 кВт концентрация C_xH_y составляет 50 ppm и больше, чем при работе на ДТ на 20 ppm. Дальнейшее увеличение мощности приводит к сокращению разницы до 8 ppm на мощности 19 кВт.

При подаче воды с ВТЭ на мощности 5–8 кВт C_xH_y концентрация углеводородов составляет 43–45 ppm, что выше на 13–15 ppm, чем при работе на ДТ. Дальнейшее увеличение мощности до 13,5 кВт приводит к снижению концентрации углеводородов до 38 ppm и превышение выбросов по сравнению с работой на ДТ уменьшается до 4 ppm, что меньше чем при подаче воды с воздухом почти на 20 %. Такое увеличение выбросов углеводородов при подаче воды с воздухом можно объяснить более низкой температурой воздушного заряда в воздушной зоне цилиндра, и замедляет химические реакции окисления в пристеночных зонах камеры сгорания.

Если снижение температуры сгорания негативно влияет на продукты неполного сгорания, то на образование оксидов азота NO_x эффект противоположный (рис. 1, *б*). При подаче воды с ВТЭ выбросы оксидов азота в 3–4 раза меньше чем при работе на ДТ во всем диапазоне с нагрузок. Так, при мощности, равной 4,5 кВт, выбросы NO_x составляют 240 ppm вместо 1300 ppm и на нагрузках 13,5 кВт – 1660 ppm вместо 3700 ppm. При подаче воды с воздухом выбросы NO_x снижаются не так значительно, как при подаче с ВТЭ. Так, например, при мощности 5 кВт наблюдается снижение с 1300 до 800 ppm, а при мощности 15,5 кВт оксиды азота снижаются с 4000 до 2170 ppm, и общее паде-

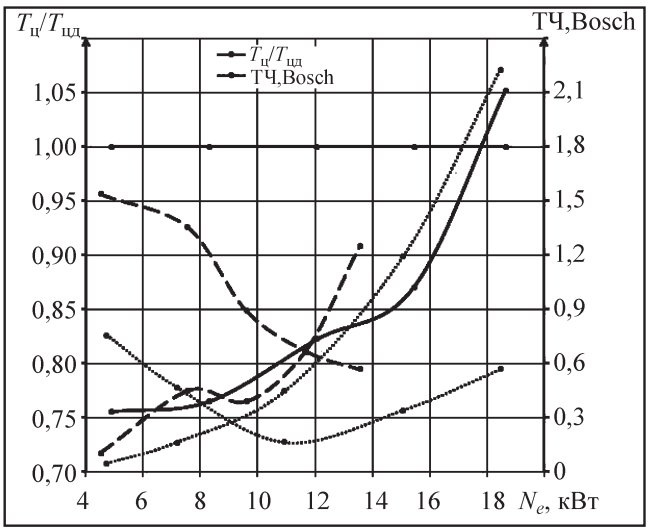


Рис. 2. *Относительное изменение температуры головки* $\left(\frac{T_ц}{T_{цд}}\right)$ *и выбросов сажи с ОГ (ТЧ) от нагрузки на ДВС:*

ДТ — ——; ВТЭ – - - - - -; добавка воды с воздухом .....

ние при этом составляет 1830 ppm. На максимальной мощности 19 кВт окислы азота снижаются по сравнению с работой на ДТ с 3180 до 1780 ppm. Тенденция падения концентрации оксидов азота вызвана зависимостью интенсивности их образования от температуры сгорания смеси [4,4]. Концентрация оксидов азота падает в связи со снижением температуры и сильнее падает там, где ниже температура в зоне сгорания топлива.

Как и следовало ожидать, выбросы сажи имеют тенденцию к увеличению с ростом нагрузки на ДВС (рис. 2). При этом разница по выбросам сажи между способами подачи воды несущественна. При подаче воды с воздухом на малых нагрузках выбросы сажи снижаются на 0,2–0,3 ед. Bosch, а на больших нагрузках увеличиваются на 0,2–0,3 ед. Bosch, достигая значения 2,3 ед. Bosch. С подачей воды в виде ВТЭ неоднозначная тенденция в пределах погрешности измерений. Можно наблюдать рост выбросов сажи в области повышенных нагрузок до 1,3 ед. Bosch, при этом же значении нагрузки выброс сажи при подаче воды с воздухом меньше и составляет 0,8 ед. Bosch, что ниже почти в 1,5 раза.

Оценка теплового состояния деталей камеры сгорания может быть сделана по температуре головки на огневой поверхности, измеренной термопарами каждого цилиндра. Результаты измерений представлены на рис. 2 в виде относительных величин по сравнению с работой на ДТ. Подача 40 % воды с воздухом снижает до 27 % температуру огневой поверхности головки при средних значениях мощности (11–13 кВт), а при малых и максимальных нагрузках это снижение около 20 %. При подаче воды с ВТЭ этот эффект меньше и на малых нагрузках составляет около 5 %, а при мощности 12–14 кВт доходит до 20 %.

Заключение

Добавка воды в цилиндры двигателя оказывает влияние на выбросы токсичных компонентов и уровень теплового состояния головки цилиндров, причем это влияние зависит от способа подачи воды.

При подаче 40 % воды от количества топлива в цилиндры дизеля Д-120 приводит к повышению выбросов продуктов неполного сгорания (CO и C_xH_y), причем выбросы CO увеличиваются больше при подаче воды с ВТЭ, чем при подаче с воздухом. Выбросы углеводородов, наоборот, увеличиваются больше при подаче воды с воздухом, чем с ВТЭ. Выбросы оксидов азота снижаются и это снижение сильнее при подаче воды с ВТЭ, чем с воздухом.

Тепловое состояние деталей камеры сгорания снижается при подаче воды в цилиндры двигателя и это снижение больше при подаче с воздухом.

Добавка воды с ВТЭ без дополнительной регулировки ТНВД приводит к снижению максимальной мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Конев А.Ф.** Использование добавок воды и бензина на впуске тракторных двигателей в условиях жаркого климата. Дисертация канд. техн. наук. М., 1987. 272 с.

2. **Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И.** Токсичность отработавших газов дизелей. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 376 с.

3. **Звонов В.А.** Токсичность двигателей внутреннего сгорания. 2-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1981. 160 с.

4. **Зельдович Я.Б., Садовников П.Я., Франк-Каменецкий Д.А.** Окисление азота при горении. М.: Изд. АН СССР, 1947. 147 с.

5. **Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремизов А.Н. и др.** Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учебное пособие для вузов. Под ред. Седлова А.С. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 378 с.

ФРАНКФУРТ-2017: БУДУЩЕЕ УЖЕ СЕГОДНЯ

А.С. Савченко, зам. главного редактора АГЗК+АТ

Автосалон во Франкфурте-на-Майне – главное событие года в автомобильной промышленности. Вот и на этот раз громких премьер здесь оказалось больше, чем на всех мотор-шоу вместе взятых. Но мы отметим самые интересные модели и, пожалуй, начнем с концепт-каров.

AMG Project ONE

Если верить немцам, в основе Project ONE лежат элементы шасси формульного болида Mercedes F1 W06 Hybrid. Здесь тоже использован углепастиковый монокок, хотя визуально новинка совсем не похожа болиды "Формулы-1".

Техническая составляющая Mercedes-AMG Project ONE куда важнее внешней. Гиперкар получил не только элементы шасси формульного болида, но и его двигатель. За основу был взят турбонаддувный V6 рабочим объемом 1,6 л, доработкой которого занимались специалисты Mercedes-AMG. Они сохранили четыре верхних распредвала, а для достижения высоких оборотов двигателя пружины клапанов были заменены пневматическими приводами.

Двигатель AMG Project ONE способен раскручиваться до 11 000 об/мин: ни один силовой агрегат дорожного автомобиля такого не может. Впрочем, в "Формуле-1" частота вращения коленвала доходит до 15 000 об/мин. Кроме того, мотористы существенно увеличили ресурс двигателя: обычно в "Формуле-1" его приходится заменять уже через 4000 км.

Для повышения отдачи и без того производительного двигателя использован электромотор мощностью примерно 90 кВт. Он приводит в движение компрессор: скорость вращения его крыльчатки может достигать 100 000 об/мин.

Рядом с двигателем смонтирован еще один электромотор, развивающий уже 120 кВт. Скорость вращения его ротора может достигать 50 000 об/мин. Этот электродвигатель принимает непосредственное участие в разгоне автомобиля.

Еще два 120-киловаттных электромотора находятся в районе передней оси: каждый из них подключен к одному из передних колес. Благодаря такой реализации гиперкар способен не только максимально эффективно реализовывать запас мощности, но и управлять вектором тяги. Разумеется, не обошлось и без систем рекуперации: AMG Project ONE может восстановить до 80 % кинетической энергии во время торможения. Заряд может пригодиться для увеличения запаса хода в полностью электрическом режиме (болид и на это способен) или для максимально динамичного ускорения, когда в дело вступают все четыре электромотора.

Основные узлы Project ONE работают с напряжением 800 В, что в 2 раза больше, чем в других гибридных суперкарах. Это позволило уменьшить сечение проводов и сэкономить в массе и объеме. При полностью заряженных литий-ионных батареях автомобиль может проехать до 25 км без запуска ДВС.

По данным автопроизводителя, суммарная мощность Mercedes-AMG Project ONE превышает 740 кВт (1000 л.с.). Что это дает на практике? Пока раскрыты далеко не все технические характеристики, но уже известно, что время разгона с 0 до 200 км/ч составляет менее 6 с.

Пока Mercedes-AMG Project ONE имеет статус концепта, но разработчики обещают, что в серийном автомобиле будет использована точно такая

AMG Project ONE

же техническая начинка. Производство необычной модели начнется в 2019 г., при этом планируется выпустить всего 275 экз. Минимальная цена составит 2,7 млн евро (примерно 150 млн руб.).

Audi Aicon

Audi Aicon удивил не столько футуристичным дизайном и распашными дверями, сколько габаритами – длина концепта составила 5444 мм, ширина – 2100 мм, а высота – 1506 мм. При этом колесная база – 3470 мм, что на 240 мм больше аналогичного параметра нового поколения Audi A8 в удлиненной версии. Концепт получил выступающие колесные арки, которые визуально подчеркнуты рельефными выштамповками, и вытянутую оконную линию. Огромное лобовое стекло плавно переходит в панорамную крышу, а та, в свою очередь, – в заднее стекло. У Audi Aicon нет привычных фар и задних фонарей, которые заменила россыпь светодиодов.

Глава владеющего компанией Audi концерна Volkswagen AG Маттиас Мюллер пообещал во Франкфурте выпустить к 2025 г. 80 новых электромобилей и гибридов. Неудивительно, что и Aicon получил полностью электрическую силовую установку. Четыре мотора развивают совокупную мощность 353 л.с. и крутящий момент 550 Н·м. По расчетам инженеров "четырех колец", благодаря легковесной конструкции и низкому коэффициенту аэродинамического сопротивления запас хода четырехдверного электрокара составляет около 700–800 км.

Сиденья Aicon'а поворачиваются друг к другу для удобства общения пассажиров, а бортовая электроника синхронизируется со смартфонами пользователей, чтобы при последующих сессиях автоматически выставлять комфортный угол спинок кресел, уровень подсветки и прочие предпочтительные настройки. Обычных кнопок тут не найти – даже управление климатической системой электрокара осуществляется через сенсорные панели и голосовые команды.

BMW i Vision Dynamics

Перед нами седан с низко посаженой крышей, так что BMW не упустила шанса назвать его четырехдверным Gran Coupe. При желании действительно можно найти сходство с серийными Gran Coupe немецкой марки, хотя в данном случае очевидно отсутствие легендарного изгиба Хофмайстера. Зато "ноздри" передней решетки срослись. Возможно, перед нами будущий облик этого культового для BMW элемента. Заметим, что главным дизайнером BMW был недавно назначен чех Йозеф Кабан (бывш. главный дизайнер Skoda). Вероятно, BMW i Vision Dynamics – одна из его первых работ для баварцев, выполненная для разминки.

BMW i Vision Dynamics – электрокар с впечатляющей динамикой. На разгон с 0 до 100 км/ч он тратит всего 4 с, а максимальная скорость превышает 200 км/ч. Еще одной сильной стороной концепта стал запас хода – 600 км. Емкость аккумулятора и мощность электромоторов при этом не уточняются.

Глава BMW Харальд Крюгер заявил, что BMW i Vision Dynamics предвещает модель, которая займет нишу между BMW i3 и i8.

Audi Aicon

BMW i Vision Dynamics

Borgward Isabella

О компании Borgward мало кто знает как в Германии, так и Европе в целом. Немецкая фирма выпускала автомобили с 1929 по 1961 г., а в 1950-х гг. существовала даже модель Borgward Isabella, тезкой которой и стал новый концепт.

Оригинальная "Изабелла" производилась в виде купе, кабриолета, двухдверного универсала и даже пикапа, но среди этого разношерстого модельного ряда не было обычного седана, тогда как концепт выполнен именно в этом форм-факторе. Но производитель по модной традиции называет новинку "четырехдверным купе".

Кстати, двери Borgward Isabella открываются нетривиально: они отъезжают в стороны, при этом передние – вперед, задние – назад. Кузов растянулся на 5 м и получил много изгибов. Дизайн концепта разработал стилист Андерс Варминг, ранее работавший на Mini.

В концепте используется два электромотора: по одному на каждую ось. Их общая отдача оценивается примерно в 220 кВт и 450 Н·м крутящего момента. С учетом полного привода на разгон с 0 до 100 км/ч седан тратит всего 4,5 с. Максимальная скорость ограничена электроникой на отметке 250 км/ч.

Батареи для Isabella изготовили корейцы из LG Electronics. Емкость аккумулятора не указывается, зато известно, что автомобиль может проехать до 500 км. При использовании станций быстрой зарядки примерно за 30 мин можно пополнить запас энергии на 80 %.

Borgward Isabella сделан лишь для привлечения внимания к легендарной марке, а в серийное производство пойдут совершенно другие модели.

Mercedes-Benz EQA

EQA выглядит так, словно прибыл из будущего. Плавные обводы кузова, минимальные свесы, узкие фары, большие 20-дюймовые колеса – все это характерные черты будущего А-класса. В основу концепта легла новая модульная платформа, разработанная специально для суббренда EQ. Она позволит менять не только габариты будущих моделей, но и емкость батарей, и количество моторов.

Главной находкой дизайнеров стали высокотехнологические расцветки. Например, адаптивная решетка, изменяющаяся в зависимости от режима. Так в режиме Sport на глянцево-черном носу электрокара высвечивается "моноплан" эмблемы, ходовые огни и световая линия по контуру переднего бампера. При переходе на Sport Plus – вертикальные красные "прутья", напоминающие радиаторную решетку Mercedes-AMG GT R Panamericana. Вместо светодиодных ламп в концепте использованы светящиеся лазерные волокна, превращающие спиралевидные задние фонари в "медную обмотку электромотора".

Концепт-кар оснастили двумя электромоторами – по одному на каждой оси. Их суммарная мощность более 196 кВт, крутящий момент – 499 Н·м. Разгон от 0 до 100 км/ч занимает около 5 с. Запас хода более 400 км электрокару обеспечивает литий-ионная батарея емкостью 60 кВт·ч. Подзаряжать ее можно, в том числе и на беспроводной индуктивной станции. 10 мин зарядки от проводной колонки быстрой зарядки увеличивает запас хода новинки на 100 км.

По словам Юргена Шенка, в недавнем прошлом шеф-конструктора электромобилей, а ныне

Borgward Isabella

Mercedes-Benz EQA

директора концерна по интеграции электропривода, единственные фиксированные размеры – только технологические, позволяющие производить электрокары различных типажей и размеров на одном оборудовании и, в перспективе, на одних линиях конвейера. А к 2025 г. мерседесовцы собираются выпустить на рынок 10 полностью электрических моделей.

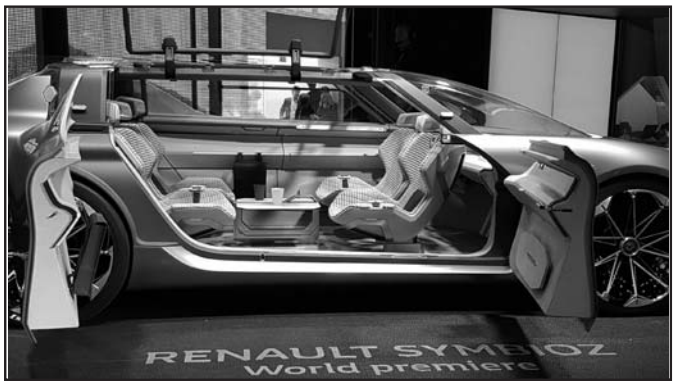
Renault Symbioz

Стенд Renault на Франкфуртском автосалоне был украшен утонченным концептом Symbioz, который стал демонстрацией новых технологий, адаптирующих настройки машины под каждого конкретного человека. Автомобиль интегрирован в систему "умного дома" и практически является его продолжением. Единая интеллектуальная сеть под управлением искусственного интеллекта, через которую Symbioz обменивается энергией с домом, предугадывает потребности человека. В чрезвычайных ситуациях он может выступать резервным источником энергии и обеспечивать работу бытовой техники, развлекательных систем и освещения.

Управляется прототип автопилотом. В салоне – два ряда сидений, развернутых друг к другу и автоматически подстраивающийся под вкусы пассажиров мультимедийный комплекс.

680-сильная силовая установка электрокара работает от комплекта батарей емкостью 72 кВт·ч. Разгон до "сотни" занимает примерно 6 с.

"Автомобиль – это уже не просто способ добраться из одного места в другое. Благодаря умным технологиям, он становится интерактивным и персонализированным пространством, которое соединяет пассажиров с другими автомобилями, людьми и объектами вокруг них. Заглядывая в 2030 г., мы представляем новые сценарии с более эффективным использованием энергии, связностью и автономными системами вождения, которые улучшат нашу жизнь и путешествия", – сказал на презентации новинки замглавы Renault Тьерри Боллоре.



Renault Symbioz

Smart Vision EQ

Smart показал свой новый концепт – Vision EQ. Он электрический и полностью автономный. В концепте Vision EQ из-за отсутствия руля и педалей места внутри куда больше, чем в обычном "Смарте". Приборную панель заменили на 24-дюймовый экран, который отображает всю информацию, включая навигацию, видео и прочие изображения.

Сиденья выглядят как единый диван, обшитый белой эко-кожей с выдвижным центральным подлокотником, под которым имеется место для небольшого багажа.

Белый цвет в интерьере визуально увеличивает Vision EQ, хотя он и так не мал, учитывая его габариты (2699×1720×1535 мм). И при этом колеса расставлены практически по углам кузова.

Концепт-кар разработан исключительно для каршеринга, а значит продаваться частным лицам он не будет. Клиенты пользуются автомобилем, используя приложение для смартфона, но, применяя систему самообучения и сложные машинные алгоритмы, автомобили сами будут автоматически распределяться по местам высокого спроса.

Радиаторную решетку заменил 44-дюймовый дисплей, который может отображать приветственное сообщение для водителя или общаться с пешеходами, например, призывать их "переходите дорогу". Если Smart не занят, на дверях могут появляться местные новости или прогноз погоды.

Свободный Vision EQ самостоятельно доберется до ближайшей зарядной станции, чтобы подзарядить литий-ионную батарею мощностью 30 кВт·ч.

Все производители достаточно оптимистично смотрят в будущее, рассчитывая, что за ближайшие 13 лет произойдет революция в автомобильном мире и полностью автономные транспортные средства станут обычным явлением на улицах городов.

В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ ФИНИШИРОВАЛ АВТОПРОБЕГ "ГОЛУБОЙ КОРИДОР – 2017"

А.С. Суворов

5 октября 2017 г. в Санкт-Петербурге в рамках VII Петербургского международного газового форума состоялся финиш международного автопробега техники на природном газе "Голубой коридор – 2017: Иберия–Балтия". В торжественной церемонии финиша приняли участие заместитель председателя правления ПАО "Газпром" Виталий Маркелов и генеральный директор, член правления Uniper SE Клаус Шефер.

Старт одиннадцатому "Голубому коридору" был дан в Лиссабоне 18 сентября. Маршрут автопробега, призванного популяризировать использование природного газа на транспорте, прошел по территориям 12 стран: Португалии, Испании, Франции, Италии, Швейцарии, Лихтенштейна, Германии, Польши, Литвы, Латвии, Эстонии, России. Всего автомобили проехали более 5,3 тыс. км за 19 дней.

Грузовые автомобили на СПГ успешно прошли все этапы автопробега. В их числе – первые российские сертифицированные автомобили на СПГ: грузовая машина "КАМАЗ" и передвижная мастерская с краново-манипуляторной установкой "Урал NEXT". Опытные образцы этих автомобилей разработаны автоконцерном "КАМАЗ" и Группой "ГАЗ" в сотрудничестве с "Газпромом". В этом году в дочерних предприятиях "Газпрома" начнется опытно-промышленная эксплуатация этих и других образцов отечественной автотехники на СПГ.

Кроме того, в автопробеге участвовали грузовые автомобили на СПГ производителей Iveco, Scania, МАЗ и легковые автомобили на сжатом (компримированном) природном газе (КПГ) таких марок, как Volkswagen, Seat и Lada.

На финише автопробега "Голубой коридор – 2017: Иберия–Балтия"

Виталий Маркелов (в центре) принял участие в торжественной церемонии финиша автопробега техники на природном газе

В ходе автопробега были организованы "круглые столы" с участием автопроизводителей, представителей нефтегазовых компаний, экспертного сообщества, политических кругов и СМИ. В этом году дискуссии прошли в Лиссабоне, Милане, Ульме, Берлине и Таллине.

"Сжатый природный газ сейчас уже широко применяется во многих европейских странах, в первую очередь – на легковом транспорте. А сжиженный газ – СПГ – имеет все основания стать столь же доступным и распространенным в грузовом сегменте.

Автопробег "Голубой коридор" в очередной раз доказал, что газомоторное топливо используется в масштабе всего европейского континента, позволяя эффективно сокращать выбросы вредных веществ и улучшать экологическую ситуацию", – сказал Виталий Маркелов.

"Голубой коридор" – ежегодный международный пробег автомобилей, использующих в качестве моторного топлива природный газ. Проводится с 2008 г. при поддержке "Газпрома", немецкой компании Uniper SE и Национальной газомоторной ассоциации РФ. Цель автопробега – демонстрация экологических и технико-экономических преимуществ природного газа над традиционными видами топлива, а также разнообразия современной газовой техники заводского изготовления.

Аварийно-ремонтная мастерская и мусоровоз на сжатом природном газе

"Группа ГАЗ" показала на 15-й международной выставке GazSuf-2017 новые модели спецтехники – ремонтную мастерскую и мусоровоз с задней загрузкой, созданные на базе среднетоннажного грузовика "ГАЗон NEXT CNG". Оба автомобиля оснащены двигателями ЯМЗ-534, работающими на сжатом природном газе (метане).

Аварийно-ремонтная мастерская состоит из двух отсеков: грузового и пассажирского. Компоновка автомобиля позволяет свободно разместить и доставить к месту аварии бригаду из четырех специалистов и обеспечить их комфортными условиями для всех видов ремонтных и сварочных работ и отдыха. Автомобиль оборудован кухней; бензиновым генератором и сварочным инвертором, а также другим оборудованием для газовой и электрической сварки.

Благодаря своей компактности среднетоннажные мусоровозы идеально подходят для эксплуатации в центральных районах больших городов, закрытых для проезда большегрузного транспорта, а также для обслуживания небольших предприятий и поселений. Объем кузова мусоровоза "ГАЗон NEXT CNG" – 9,5 м^3, грузоподъемность – 2805 кг, колесная база – 4515 мм. Кузов имеет форму параллелепипеда, основа кузова – рамка из профильных труб и стальных листов, образующих пространство закругленной формы, что обеспечивает наибольшую жесткость системы. В нижней части заднего борта расположен загрузочный бункер объемом 1,2 м^3. Конструкция бункера обеспечивает возможность как ручной, так и механизированной загрузки с опрокидыванием различных типов контейнеров.

Новые модели спецтехники "Группы ГАЗ" – аварийно-ремонтная мастерская и мусоровоз с задней загрузкой

ЯМЗ-534 – это газовый двигатель нового поколения, производство которого ведется на Ярославском моторном заводе с ноября 2016 г. Это самая современная отечественная разработка газового двигателя для грузовой, пассажирской, сельскохозяйственной и строительно-дорожной техники. В семействе ЯМЗ-530 CNG (мощность от 150 до 312 л.с.) применены передовые конструкторские решения по компоновке, управлению, работе основных систем, обеспечивающие их надежность и экономичность. Силовые агрегаты отвечают экологическим нормам "Евро-5", есть потенциал довести их до требований "Евро-6".

Сжатый (комприированный) природный газ – самое экономически эффективное и экологичное из широко используемых в коммерческом транспорте видов топлива. Его применение обеспечивает снижение эксплуатационных затрат на 40–50 % (в зависимости от величины пробега и особенностей конкретной модели) по сравнению с бензином и дизельным топливом.

Scania расширяет гамму автобусов, работающих на альтернативных видах топлива

На выставке Busworld в Кортрейке (Бельгия, 20–25 октября 2017 г.) компания Scania показала гибридный автобус Interlink Low Decker и первый аккумуляторный автобус Citywide.

В дополнение к гибридным технологиям Scania сделала доступным использование любого альтернативного топлива для пригородных и междугородных автобусов. Автобус Scania Interlink Low Decker может работать на дизельном топливе, биодизеле, гидрогенизированном растительном масле, сжатом природном газе/биогазе, этаноле, а теперь еще и в гибридном режиме. Его дополняет автобус Scania Citywide Low Entry Suburban, для которого также доступен весь спектр альтернативных видов топлива, а также гибридный режим.

"Ускоряющийся рост городов в мире преимущественно является субурбанизацией, а не расширением городских центров. Это означает более продолжительные пригородные поездки на работу и, по сути, троекратное увеличение расхода топлива для пригородного общественного транспорта, чем для городского транспорта. Таким образом, нам нужно уделять больше внимания поиску альтернативных вариантов для пригородных поездок", – отметила Карин Радстрём, руководитель подразделения городских и междугородних автобусов Scania.

На выставке Busworld компания Scania также представила аккумуляторный автобус Scania Citywide Low Floor. На европейском рынке модель поступит в продажу в 2018 г.

"Scania имеет самый широкий ассортимент транспортных средств на рынке с огромным выбором альтернативных видов топлива, – подчеркнула Радстрём. – Scania предоставляет компаниям-операторам невероятную свободу выбора, при этом обеспечивая общую экономичность эксплуатации и делая акцент на более экологичных решениях для пассажирского транспорта".

"НЕФАЗу" исполнилось 40 лет

ПАО "НЕФАЗ", дочернему предприятию "КАМАЗа" в Башкирии, исполнилось 40 лет. 11 октября 1977 г. был запущен в эксплуатацию главный конвейер в корпусе автосамосвалов, и автозавод был введен в состав действующих.

Сегодня "НЕФАЗ" – крупнейший в России завод по производству спецнадстроек на шасси КАМАЗ. Основными видами выпускаемой продукции являются самосвальные установки, прицепы, полуприцепы и полуприцепы-цистерны. Также предприятием освоен широкий модельный ряд автобусов. Каждый третий российский автобус большого класса выпускается в ПАО "НЕФАЗ".

В свой юбилейный год Нефтекамский автозавод уверенно наращивает объемы производства и расширяет номенклатуру выпускаемой техники. Символично, что 2017 г. для компании стал годом старта новых интересных проектов, точкой отсчета нового этапа развития. Сейчас на предприятии реализуется масштабный проект по освоению производства всех модификаций автобусных шасси, происходит поэтапный переход изготовления автобусов на новый модельный ряд. Примерно 70 % автобусов НЕФАЗ третьего поколения будут исполнены в принципиально новом внешнем облике в сочетании с конструкторско-технологическими решениями, за счет чего планируется улучшить потребительские качества техники и расширить круг конкурентных преимуществ.

Кроме того, в 2017 г. появились такие новинки, как троллейбус, перронный автобус, траловая техника, тракторные прицепы, рефрижераторы и многое другое. Отдельно стоит отметить новое перспективное направление – производство электробусов как нового экологичного вида транспорта для российских регионов.

Успешная реализация этих и других проектов стала возможной благодаря уверенному курсу на модернизацию производства и внедрение современных технологий, который был взят предприятием несколько лет назад. Сегодня здесь успешно работает оборудование ведущих мировых производителей, которое позволило вывести качество продукции на новый уровень, повысить производительность и улучшить условия труда. Высокий профессионализм коллектива во главе с генеральным директором Сергеем Зуйковым и надежность оборудования – залог успешного сотрудничества с потребителями, в числе которых 58 регионов России, страны ближнего и дальнего зарубежья.

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2017 ГОДУ

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 1. 2017 г.

Чайников Д.А., Волков Н.А., Гаваев А.С.
Применение термоэлектрических модулей в газобаллонном оборудовании автомобилей 3

Анисимов И.А., Иванов А.С.
Повышение эффективности эксплуатации газодизельных автомобилей в низкотемпературных условиях 7

Марков В.А., Са Бовэнь, Неверов В.А., Зыков С.А.
Горчичное масло как экологическая добавка к нефтяному дизельному топливу 10

Гарипов М.Д., Сакулин Р.Ю., Домбровский О.П., Зиннатуллин Р.Ф.
Работа двигателя с искровым воспламенением на обводненном этаноле 22

Агаммедова С.А.
Управление рисками в магистральных газонефтетрубопроводных системах на основе теории возможностей 26
На ежегодной конференции "Нефть и Газ Сахалина 2016" 37

Кузнецова М.В.
Газомоторная техника "Группы ГАЗ" на выставке GasSUF-2016 41

Селина Ю.В.
Яркий финал гоночного сезона 43
"Группа ГАЗ" на международной выставке в Сургуте 45
Первая АЗС Shell в Татарстане 46
Сборка техники "Группы ГАЗ" в Казахстане 47
Проект G-Energy Service стартовал на Балканах 48

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 2. 2017 г.

Басаргин В.Д., Якубович И.А.
Уменьшение экологической опасности автомобилей при эксплуатации в условиях города 51

Грушников В.А.
Архитектура перспективной электрификации с интегрированной электромобилизацией 57

Чмиль В.П., Чмиль Ю.В.
Водород и перспективы его использования на автотранспорте 65

Капустин А.А, Раков В.А.
Альтернативная эффективность гибридных автомобилей 68

Тимофеев И.А., Ильин Г.В.
Электролизная система питания ДВС водой 73

Суворов А.С.
Международный автобусный салон Busworld 2016 75

Анисимова Н.В.
ЯМЗ начал серийное производство газовых двигателей 80

Савченко А.С.
Пресс-тур на завод "ИВЕКО-АМТ" 82
В.Л. Новик: "Как бы ни было сложно, останавливаться нельзя" 85

Суворов А.С.
Китайский премиум-класс 87

Якшин М.И.
Алкогольная альтернатива 91
"НОВАТЭК-АЗК" приобрела первый тягач Scania на газомоторном топливе 94
Грузовики Iveco с двигателями LNG для Meyer Logistik 95
В Москве начала работу сеть станций техобслуживания G-Energy Service 96

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 3. 2017 г.

Патрахальцев Н.Н., Виноградов Л.В., Лотфуллин Ш.Р.
Оценка возможностей повышения экономичности и экологичности газового двигателя КАМАЗ регулированием его активного рабочего объема 99

Марков В.А., Зыков С.А., Бирюков В.В., Са Бовэнь
Вязкостные характеристики многокомпонентных и эмульгированных топлив 105

Грушников В.А.
Практическая реализация энергетических систем с интегрированной электромобильностью 122

Мамедов А.П., Салманова Ч.К., Ахмедбекова С.Ф., Абдуллаева Ю.А., Шахвердиева А.Ф., Дадашова Н.Р., Азизбейли Э.И.
Фото- и хемилюминесценция углеводородов фракций Абшеронской нефти и обратимое аккумулирование ими световой энергии 130

Савченко А.С.
6-й Петербургский Международный газовый форум 136
Свечи для автомобилей с двигателем, переоборудованным под газовое топливо 139

Кузнецова М.В.
75 лет УралАЗу 140
Газомоторная производственная программа "Газпрома" полностью выполнена 142
На международной выставке "Нефть и газ Туркменистана 2016" 143

Volkswagen открыл завод в Польше для производства VW Crafter 144

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 4. 2017 г.

Савченко А.С.
Новейшие технологии для оптимизации затрат при нефтегазодобыче 147

Зыков С.А., Марков В.А., Трифонов В.Л.
Загрязненность и обводненость дизельного топлива. Часть 1 154

Лиханов В.А., Лопатин О.П., Чупраков А.И.
Влияние этаноло-топливной эмульсии на экологические параметры дизеля 166

Наджафова М.А., Абдуллаева Ю.А., Шахвердиева А.Ф.
Исследование методом ЭПР керосиновых и дизельных, фракций Абшеронской нефти 173

Выступление А.Б. Миллера на Петербургском международном газовом форуме ((ПМГФ-2016) 178

Анисимова Н.В.
"ГАЗон NEXT" на сжатом природном газе пошел в серию 181

Соловьев А.С.
В Год экологии – на газомоторной технике 183

Быкова Е.Г.
Ралли-марафон "Дакар-2017" 185

Кузнецова М.В.
Горьковскому автозаводу исполнилось 85 лет 187

Газозаправочная сеть "Газпрома" в Краснодарском крае вырастет до 19 станций 190

Газовый КАМАЗ доказал эффективность EcoGas 191

На АГНКС "Газпрома" в Санкт-Петербурге началась заправка новых газовых автобусов 192

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 5. 2017 г.

Евдокимов Я.А., Лавров Е.П.
Эволюция АГНКС. Часть 1. Принципы эффективной АГНКС 195

Зыков С.А., Марков В.А., Крылов В.И.
Исследования загрязненности и обводненности дизельного топлива. Часть 2 203

Лиханов В.А., Лопатин О.П.
Газодизельная модификация для дизеля 4Ч 11,0/12,5 221

Сафарли И.А.
Использование магнитного поля для интенсификации процессов переработки различных видов нефтяного сырья 227

Савченко А.С.
Итоги и планы на будущее "ИСУЗУ РУС" 237

Открытие официального представительства Hyundai Truck and Bus Rus 238

"Газпромнефть – смазочные материалы" приступила к реализации пилотного проекта в КНР 239

Морской газ 240

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 6. 2017 г.

Евдокимов Я.А., Лавров Е.П.
Эволюция АГНКС. Часть 2. Разработка оптимальной структуры 243

Макарова И.В., Габсалихова Л.М., Садыгова Г.Р.
Метод прогнозирования развития сети газозаправочных станций для газобаллонной автотехники 249

Савастенко А.А., Савастенко Э.А., Лепетан Л.В., Чум-Барима Р.
Перспективы применения клапана регулировки начального давления в топливной аппаратуре автотракторного дизеля 254

Грушников В.А.
Современная электромобилизация 257

Алексанян К.Г., Ильков К.В., Алексанян Д.Р., Дубков А.Ю., Василенко Е.С.
Полифункциональные присадки к топливам и маслам 263

Митрова Т.А.
Мировые газовые горизонты 268

Суворов А.С.
Газомоторное топливо сегодня 271

Боровицкий Д.А.
Весомый аргумент 273

Пятибрат А.С.
Приключения русичей в стране викингов 276

Корнейчук В.
Газовый "КАМАЗ" в Африке 278

"Газпромнефть" на треть увеличила продажи масел G-Energy 283

Отгрузка первого арендного тягача Scania на газомоторном топливе 284

Вездеходы ЧЕТРА ТМ140 будут работать на Урале 285

Рекордные показатели компания Tesla Inc 285

VI Международный семинар "Газомоторное топливо. Комплексные подходы к развитию отрасли" 286

Mahindra e20 Plus – рикша с электромотором 287

АНОНС АГЗК+АТ №7/2017 288

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 7. 2017 г.

Евдокимов Я.А., Лавров Е.П.
Эволюция АГНКС. Часть 3. Виртуальная труба 291

Ерохов В.И.
Универсальная газовая система подачи сжиженного углеводородного газа нового поколения 299

Лебедев М.С.
Повышение эффективности очистки природного газа от диоксида углерода перед сжижением 309

Коваленко В. П., Девянин С. Н., Улюкина Е. А., Тодорив А.В.
Перспективы эксплуатации сельскохозяйственной техники на сжатом природном газе 313

Зыков С.А., Марков В.А., Трифонов В.Л.
Эксплуатационные испытания усовершенствованных топливных систем для дизелей 316

Савченко А.С.
Национальный Нефтегазовый Форум – 2017 324

Савченко А.С.
Сборка грузовых автомобилей Hyundai в Калининграде 330

Семаков В.Г.
Рынок новых легких коммерческих автомобилей в России 331
Новым клиентам АГНКС "Газпром" – топливные карты EcoGas 334
Самосвал "Урал-6370 CNG" на выставке СТТ-2017 334
Пресс-конференция Iveco 335
КрАЗ на метане: новое исполнение грузовика на газе 336
Производство тяжелых грузовиков Isuzu в Ульяновске 336

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 8. 2017 г.

Марков В.А., Чирков А.Ю., Зайченко В.М., Цыплаков А.И.
Физико-химические и моторные свойства попутного нефтяного газа и возможности его использования в качестве моторного топлива для дизелей 339

Мерзлов В.В.
Передвижные автогазозаправщики в Вооруженных Силах РФ 354

Раенбагина Э.Р.
Анализ практики технической эксплуатации газобаллонных автомобилей 358

Савастенко А.А., Савастенко Э.А., Лепетан Л.В., Чум-Барима Р.
Перспективы применения клапана регулировки начального давления в топливной аппаратуре автотракторного дизеля 366

Третьяков В.Ф., Илолов А.М., Талышинский Р.М., Французова Н.А., Рагуткин А.В., Латышков А.А., Сорокин Е.Ю.
Инициированное каталитическое дегидрирование метанола в формальдегид 369

Савченко А.С.
17-я Международная выставка "НЕФТЕГАЗ-2017" 376

Суворов А.С.
Международная молодежная научная конференция "Нефть и газ – 2017" 377

Семаков В.Г.
Рынок среднетоннажных грузовых автомобилей 380
"Деловые Линии" взяли в аренду пять седельных тягачей Scania на газомоторном топливе 382
"Газпром" увеличивает объемы реализации газа для российских потребителей на биржевых торгах 383
Первые СПГ-КАМАЗы 384
Парад транспорта: между прошлым и будущим 384

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 9. 2017 г.

Ерохов В.И.
Технико-эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей нового поколения. Лекция № 1. Энергетические показатели газовых двигателей 387

Раенбагина Э.Р.
Анализ практики технической эксплуатации газобаллонных автомобилей 397

Лебедев М.С., Филипповский Н. Ф., Быков Д.О.
Получение пропан-бутана за счет оптимизации производства СПГ на АГНКС 407

Грушников В.А.
Перспективные инновации в автомобильной сфере 409
Виктор Зубков: Перспективы экономического развития Курганской области во многом связаны с газификацией 417

Савченко А.С.
18-я Международная специализированная выставка "Строительная техника и технологии" 419

Штанов В.В.
Потребителям газомоторной техники не хватает АГНКС 422

Тыртычный А.М.
Hyundai Santa Fe – семейный кроссовер 424
Спрос на голубое топливо будет расти 426
"Газпром" и Shell подписали два соглашения по "Балтийскому СПГ" 429
"Агромашхолдинг" участвует в реализации госпрограммы по внедрению газомоторной техники 430
Поставкам российского газа в Европу – 50 лет 431
12 лет подряд прирост запасов газа "Газпрома" превышает объем добычи 432

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 10. 2017 г.

Ерохов В.И.
Технико-эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей нового поколения. Лекция № 1. Часть 2. Экологические показатели газобаллонных автомобилей нового поколения 435

Марков В.А., Чирков А.Ю., Зайченко В.М., Цыплаков А.И., Директор Л.Б.
Использование генераторного газа из биомассы в газопоршневых энергоустановках 452

Семаков Е.В., Гудков Ю.И.
Автономная система экспресс-диагностики положения кузова автомобиля при перевозке альтернативных видов топлива 464

Раенбагина Э.Р.
Определение экономического эффекта при обеспечении безопасного слива сжиженного природного газа из автомобильных газовых баллонов 466

Жаров М.И., Денщиков И.И.
Экологический аспект добычи углеводородов 472

Семаков В.Г.
Рынок крупнотоннажных грузовых автомобилей 477

На "КАМАЗе" обсуждены перспективы эксплуатации газомоторной техники 480

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 11. 2017 г.

Скворцов А.А.
Развитие рынка газомоторного топлива в Российской Федерации 483

Лебедев М.С., Фаррахов С.В., Быков Д.О.
Применение газосжигающих нагревателей природного газа для регенерации адсорберов осушки на АГНКС 486

Скороходов А.Н., Девянина А.С.
Недостатки измерения мензуркой цикловой подачи ТНВД 487

Девянина А.С.
Определение цикловой подачи топлива и ее нестабильности 491

Хаджиев С.Н., Третьяков В.Ф, Талышинский Р.М., Илолов А.М., Французова Н.А., Рагуткин А.В., Латышков А.А., Сорокина Е.Ю.
Прямой синтез этанола из диметилового эфира на гетерогенных катализаторах 498

Грушников В.А.
Энергетические инновации автомобилестроения 502

Гордиенко А.А.
Scania подписала экологические соглашения с ключевыми партнерами на выставке "Комтранс-2017" 509

Савченко А.С.
Петербургский международный газовый форум 511

Семаков В.Г.
Российский рынок автобусов 515

Гордиенко А.А.
На полном ходу к автопилотируемому транспорту 517

Быкова Е.Г.
"КАМАЗ-мастер" на ралли-рейд "Великая степь – Дон" 518

Кузнецова М.В.
Газовый "Урал NEXT" 521

"Группа ГАЗ" поставила в Нижний Новгород 100 газовых автобусов ЛиАЗ 523

"Стройтранснефтегаз" построит на Чаяндинском месторождении установку для очистки газа от гелиевого концентрата 523

ГК "Газпром газэнергосеть" начинает электронную торговлю СУГ с газонаполнительных станций 524

Одиннадцать КАМАЗов для "Силы Сибири" 524

"Газпром нефть" начала производство экологичных масел по собственной технологии 525

Новые модели FOTON MOTOR 526

Газовые автобусы НЕФАЗ для регионов России 527

"Группа ГАЗ" поставит в Тюмень автобусы ЛиАЗ стандарта "Евро-5" 528

Первая в России станция ультрабыстрой зарядки для электробусов 528

Содержание АГЗК+АТ Том 16. № 12. 2017 г.

Ерохов В.И.
Технико-эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей нового поколения. Лекция № 1. Часть 3. Динамические и топливно-экономические параметры газобаллонных автомобилей нового поколения 531

Марков В.А., Зыков С.А., Лобода С.С.
Оценка интегральной токсичности отработавших газов автотракторных дизелей в условиях эксплуатации 545

Бижаев А.В., Девянин С.Н., Марков В.А.
Исследование подачи топлива с водой в камеру сгорания дизеля на его показатели 563

Савченко А.С.
Франкфурт-2017: будущее уже сегодня 566

Суворов А.С.
В Санкт-Петербурге финишировал автопробег "Голубой коридор – 2017" 570

Аварийно-ремонтная мастерская и мусоровоз на сжатом природном газе 571

Scania расширяет гамму автобусов, работающих на альтернативных видах топлива 572

"НЕФАЗу" исполнилось 40 лет 572

Указатель статей, опубликованных в журнале АГЗК+АТ в 2017 г. 573