Color profile: Disabled
Composite Default screen

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

№ 11 (104) 2015 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Коклин И.М., Короленок А.М., Потапенко Е.С., Демиденко С.А.

Пункты перевода – научно-практический элемент инфраструктуры использования газомоторного топлива 3

В статье рассмотрен опыт функционирования пунктов перевода техники на газомоторное топливо, действующих в зоне ответственности ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" (ранее "Кавказтрансгаз").

Марков В.А., Девянин С.Н., Трифонов В.Л.

Показатели дизеля, работающего на биотопливах с изменяемым углом опережения впрыскивания топлива 8

Рассмотрена возможность использования смесевых биотоплив в дизельном двигателе. Представлены результаты экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С, работающего на дизельном топливе и смеси нефтяного дизельного топлива и рапсового масла. Предложена методика оптимизации угла опережения впрыскивания топлива этого дизеля. Проведены оптимизационные расчеты.

Аббасов М.М.

Нетрадиционные методы воздействия на углеводородное сырье для интенсификации процессов его переработки 20

Представлен обзор современных экономичных, эффективных и доступных методов малоэнергетических физических воздействий на углеводородное сырье с целью интенсификации и углубления процессов переработки нефти.

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

Метод оптимизации состава водотопливных эмульсий для дизелей 29

Рассмотрена возможность использования водотопливных эмульсий в качестве топлива для дизелей. Приведена конструкция эмульгирующего устройства, используемого для получения водотопливной эмульсии. Проведен анализ физико-химических свойств исследуемых водотопливных эмульсий. Представлены результаты экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С, работающего на дизельном топливе и водотопливных эмульсиях различного состава. Предложена методика оптимизации состава эмульсий нефтяного дизельного топлива и воды. Проведены оптимизационные расчеты.

Суворов А.С.

Международный грузовой автосалон "Комтранс-2015". 43

В этом году выставка пришлась на очень тяжелый для автотранспортной отрасли период. Во всем мире падает производство, падают продажи грузовиков и тяжелой техники вообще. И не на проценты, а в разы. Из-за политической ситуации многие крупные компании отказались от приезда в Москву. Достаточно назвать Volkswagen, DAF и американских производителей. Тем не менее, выставка в целом удалась, и кое-что интересное удалось увидеть. Начнем с отечественных гигантов.

Виктор Зубков: "Перейдем на газ" 54

В настоящее время газификация автотранспорта стала особенно актуальной. Корреспондент А. Фролов встретился с Виктором Алексеевич Зубковым, председателем Совета директоров "Газпрома", и задал ему несколько интересных вопросов.

Учредитель
ООО "Издательство Машиностроение"

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

Зам. главного редактора
А.С. Савченко

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

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

Редактор
И.Л. Сильченкова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Тел. 8 (495) 661-38-80, 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru

Подписано в печать 03.11.2015 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 6,86.
Отпечатано в ООО "Белый ветер", 115407, г. Москва, Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

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

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

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

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

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:12:44

Color profile: Disabled
Composite Default screen

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

№ 11 (104) 2015 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

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

CONTENTS

Koklin I.M., Korolenok A.M., Potapenko E.S., Demidenko S.A.

Point – scientific and practical element of infrastructure use motor fuel 3

The article describes the experience of the Point automotive vehicles to natural gas, operating in the zone of responsibility "Gazprom Transgaz Stavropol" (formerly "Kavkaztransgaz").

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

Parameters of diesel engines running on biofuel mixturewith variable fuel injection advanced angle 8

The possibility of using biofuel mixture as a fuel for diesel engine is considered.The results of experimental research on a D-245.12C diesel engine are demonstrated, with the engine running on diesel fuel and mixture diesel fuel and rapeseed oil. Method of optimization of fuel injection advanced angle are suggested. Optimization calculations are conducted.

Abbasov M.M.

Nontraditional methods of influence on hydrocarbon raw material for the intensification of the processes of its processing 20

The review of modern fuel efficient, effective and affordable methods of low-energy physical effects of hydrocarbons in order to intensify and deepen the processes of oil refining

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

Method of Optimization of Water-Fuel Emulsions for Diesel Engines 29

The possibility of using water-fuel emulsions as a fuel for diesel engines is con-sidered. The design of an emulsifying device used for producing water-fuel emulsions is presented. The analysis of chemical-physical characteristics of the examined emulsions is carried out. The results of experimental research on a Д-245.12C diesel engine are demonstrated, with the engine running on diesel fuel and water-fuel emulsions with different percentage of water and fuel. Method of optimization of oil diesel fuel and water emulsion composition are suggested. Optimization calculations are conducted.

Suvorov A.S.

International truck salon "Comtrans 2015" 43

This year the exhibition took place at a very difficult time for the trucking industry. Worldwide production falls, falling sales of trucks and heavy machinery in general. And not in the interest and at times. Due to the political situation, many large companies have abandoned his arrival in Moscow. Suffice it to mention Volkswagen, DAF and American manufacturers. Nevertheless, the exhibition as a whole was a success, and something interesting was able to see. Let's start with the domestic giants.

Viktor Zubkov: "Go to the gas" 54

Currently, gasification of vehicles has become especially urgent. Our special correspondent met with Viktor Zubkov, Chairman of the Board of "Gazprom", and asked him some interesting questions.

Founder
LLC "Publishers Machinostroenie"

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

Deputy editor
A.S. Savchenko

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

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

Editor
I.L. Silchenkova

Computer Design
S.A. Zhirkina

Address and phone edition:
107076, Moscow, Kolodezniy per., 2a, str. 2
Tel.: 8 (495) 661-38-80, 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 (directory indexes): "Rospechat" – ind. **84180**, "The Russian Press" – ind, **39543**, "Mail of Russia" – ind. **10044**

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

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

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

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:12:56

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 338.28

ПУНКТЫ ПЕРЕВОДА – НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА

И.М. Коклин, д-р техн. наук, **А.М. Короленок,** д-р техн. наук (РГУНГ им. И.М. Губкина),
Е.С. Потапенко, канд. техн. наук (ООО "Газпром трансгаз Краснодар"),
С.А. Демиденко, инж. ("Кавказавтогаз")

В статье рассмотрен опыт функционирования пунктов перевода автотракторной техники на газомоторное топливо, действующих в зоне ответственности ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" (ранее "Кавказтрансгаз").

Ключевые слова: природный газ; газомоторное топливо; газобаллонное оборудование.

POINT – SCIENTIFIC AND PRACTICAL ELEMENT OF INFRASTRUCTURE USE MOTOR FUEL

Koklin I.M., Korolenok A.M., Potapenko E.S., Demidenko S.A.

The article describes the experience of the Point automotive vehicles to natural gas, operating in the zone of responsibility "Gazprom Transgaz Stavropol" (formerly "Kavkaztransgaz").

Keywords: natural gas; gas fuel; gas equipment.

Пункты перевода автотракторной техники (ППА) занимают существенное место в сфере использования газового моторного топлива. Исторически они функционируют как объекты, созданные в соответствии с Постановлением Правления РАО "Газпром" № 52 от 08.08.1995 г. Целью создания пунктов является расширение использования природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте и сельском хозяйстве. [9, 10].

Важное место принадлежит Невинномысскому пункту, расположенному на площадке демонтированного агрегата ДР-12 компрессорного цеха № 2 с пристройкой покрасочного и испытательного отделений [1].

Первыми автомобилями, переведенными на КПГ, были автомобили Невинномысского ЛПУМГ и других филиалов Объединения "Кавказтрансгаз".

Одновременно с переводом на природный газ ведомственных автомобилей специалисты Невинномысского ЛПУМГ проводили изучение потенциальных потребителей в зоне действия заправочных станций, масштабную разъяснительную, рекламную, пропагандистскую работу на встречах с руководителями хозяйств по привлечению к газовой моторизации других потребителей, как предприятий, так и частных лиц [8].

В первые годы газобаллонное оборудование (ГБО), устанавливаемое на автомобилях, было отечественного производства: заводов "Аскольд", РЗАА, Новогрудского завода газовой аппаратуры и др.

Взаимосвязь с местными и региональными властями, промышленными и сельхозпредприятиями, рекламные акции и выставки автомобильной техники, проводимые как на территории ЛПУМГ, так и на предприятиях, диктовали необходимость освоения оборудования зарубежного производства с разработкой монтажных схем размещения газовых баллонов.

Совместно с НАМИ разработаны схемы расположения баллонов и произведеы более 50 образцов, в том числе автомобили разных стран таких фирм, как Mercedes-Benz, Hyundai, Daewoo, Mitsubishi, Peugeot, Volkswagen, Toyota и др.

Опираясь на производственный и интеллектуальный потенциал пункта, выполнены практиче-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:12:57

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ские работы по внедрению разработок научно-исследовательских институтов. Так, Невинномысское ЛПУМГ совместно с ВНИИГАЗом конверктировал дизельный двигатель RABA-MAN автобуса "Икарус-238" в газовый; проведены его эксплуатационные испытания в сотрудничестве с предприятием "Дизельавтоматика" (г. Саратов) проведен монтаж и наладка микропроцессорной системы регулирования газодизелей.

Совместно с кафедрой двигателей внутреннего сгорания Московского автодорожного института (МАДИ-ТУ), конверктирован на газовое топливо дизель "КамАЗ-748", установлен, испытан и эксплуатируется на автобусе А-4612 (ЛИАЗ).

Полтора десятка лет плодотворно сотрудничаем с ЗАО "Автосистема" (г. Москва). Результат – освоение специалистами участка нового поколения газового оборудования. В частности, освоен перевод на природный газ дизелей КамАЗ, ЯМЗ, ЗИЛ-5301 ("Бычок"). Совместно с конструкторами проводилась разработка схем размещения газовых автомобильных баллонов на специализированных автомобилях. Получены утвержденные схемы-заключения на автомобили "Кормовоз" на базе ЗИЛ, АЗ-машины, поливомоечной машины, мусоровозы, автогидроподъемника, автокран, пескоразбрасыватель, автобус А-4612 и др. В настоящее время идут работы по внедрению электронной системы регулирования двигателя с газодизельным циклом с целью снижения запасной дозы на тракторе МТЗ-80.

Пункт имеет важное значение как база монтажа пилотных образцов газобаллонных систем на сельхозмашинах, подготовка их к проведению государственных испытаний. На основе технической документации, разработанной во ВНИИГАЗе, смонтировано ГБО для использования КПГ на тракторе К-700А.

Испытания трактора в Кубанском научно-исследовательском институте по испытанию тракторов и сельхозмашин показали, что на работах общего назначения и транспортных работах производительность трактора повышалась до 11 %, экономия жидкого топлива достигала 22 %, а в стоимостном выражении – 25 %. Специалисты участка осуществили перевод тракторов МТЗ-80/82 для работы на природном газе (рис. 1). Впервые в России специалистами Невинномысского ЛПУМГ был оснащен ГБУ гусеничный трактор ДТ-75. Переоборудование осуществлялось в соответствии с документацией, разработанной ВНИИГАЗом. Государственные испытания трактора проходили на полигонах КубНИИТиМ и дали положительные результаты в колхозе им. Ворошилова Труновского района Ставропольского края (рис. 2).

Работы, проведенные персоналом пункта совместно с ОАО "Кочубеевский ремзавод", обеспечили успешные экспериментальные исследования и государственные испытания системы газодизельного трактора с получением существенного экономического эффекта [2].

Рис. 1. *Тракторы МТЗ 80/82, оснащенные ГБУ с разным расположением баллонов*

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:26

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Рис. 2. Трактор ДТ-75 демонстрируется на выставке "День поля"

Научно-практическое значение имеет пункт перевода как элемент испытательного полигона для сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе. Полигон может быть составной частью Ставропольского регионального центра по переоборудованию сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо для образцов вторичного рынка в соответствии со схемой (рис. 3) [7].

Полигон создается на базе колхоза-племзавода "Казьминский" – это крупное сельхозпредприятие с высоким уровнем энерговооруженности и организации труда. Географически хозяйство охватывает несколько населенных пунктов с площадью возделываемой пашни более 30 тыс. га. Хозяйство высокорентабельное. Большое значение в производстве продукции имеет оснащенность хозяйства автотранспортной техникой, где эксплуатируется 226 ед. АТС, почти 300 ед. тракторов и 84 ед. комбайнов.

Данные технической оснащенности хозяйства подчеркивают необходимость и полезность замысла по разработке полигона, как комплексного решения проблемы газовой моторизации на селе [3, 9, 11].

Функционально полигон предусматривает увязку организационно-технологической цепи: разработка и изготовление ГБО, с последующим изготовлением пилотных образцов на пункте переоборудования "Кавказавтогаз" в г. Невинномысске, с передачей на обкатку в службу сельского подсобного хозяйства и озеленения (ПСХиО) Невинномысского ЛПУМГ. Обкатанный и отлаженный вариант техники передается в колхоз для эксплуатационного испытания. Промышленное (массовое) переоборудование тракторной техники с ГБО осуществляет ОАО "Кочубеевский ремонтный завод", на договорных условиях с колхозом.

Газозаправочную функцию осуществляет "Кавказавтогаз" – филиал ООО "Газпром трансгаз Ставрополь", используя в комплексе АГНКС с. Казьминское с полевыми ПАГЗами (рис. 3).

Научно-техническое сопровождение функционирования осуществляют: ВНИИГАЗ, "Автосистема", НАТИ, ГНУ ВИМ. Подготовка персонала, эксплуатирующего газозаправочное и газоиспользующее оборудование, осуществляется учебными заведениями: ЦПК, Невинномысский филиал кафедр РГУНГ нефти и газа им. И.М. Губкина и кафедра "Тракторы и автомобили" Ставропольского государственного агроуниверситета.

На основании многолетнего опыта использования ГМТ в колхозе "Казьминский" предполагаемый эффект данной разработки составит более 30 млн руб. в год, без учета экологического фактора.

Наряду с работами по переоборудованию автотракторной техники выполняется сервисное обслуживание (ремонт, наладка, регулировка и т.п.) газобаллонного оборудования, в том числе освидетельствование газовых баллонов. Пункт оснащен стендом для завинчивания и вывинчивания вентилей, станцией насосной гидропневматической, манипулятором пневматическим для перемещения баллонов по цеху, тележкой для транспортировки баллонов, приспособлением для внутреннего осмотра баллонов, наружной чистки и т.п. (рис. 4).

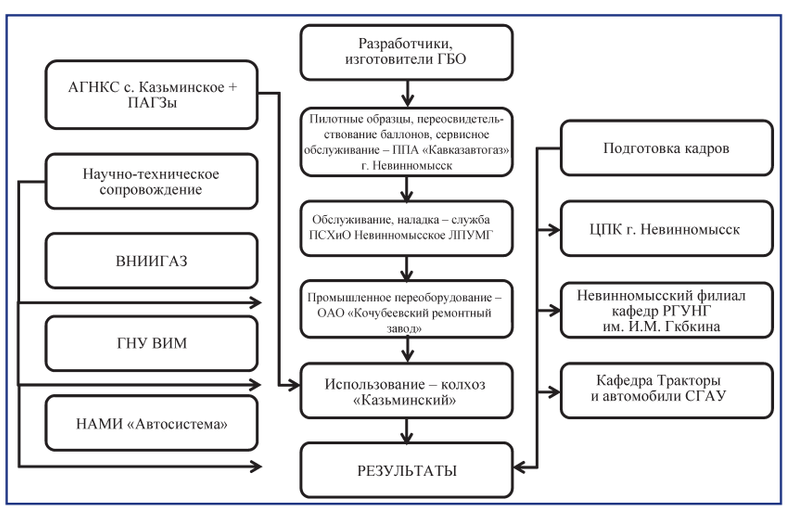

Рис. 3. Схема испытательного полигона на базе СПК "Казьминский" Ставропольского края

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:38

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Рис. 4. Стенд для завинчивания и вывинчивания вентилей

Рис. 5. Баллон большого размера

Необходимо подчеркнуть, что на пункте освоено технологическое освидетельствование баллонов больших размеров (рис. 5), что обеспечивает возможность выполнять заказы потребителей Северного Кавказа. Так, в сжатые сроки проведено переиспытание большеразмерных баллонов для троллейбусного управления № 1 г. Краснодар.

В таблице показаны результаты работы за последние годы.

За 20 лет пунктом выполнено: переоборудовано на природный газ – 1330 автомобилей, освидетельствовано газовых баллонов 3361 шт., сервисное обслуживание более 5 тыс. ед. техники (автомобили, трактора, передвижные компрессоры, передвижные электростанции).

В настоящее время, в связи с формированием структуры созданного ООО "Газпром газомоторное топливо", возникает вопрос, как поступить с таким важным участком газовой моторизации, какими являются пункты перевода.

На основании многолетнего опыта функционирования, проведенных научных исследований считаем необходимым сохранить пункты перевода техники на газомоторное топливо в структуре ООО "Газпром трансгаз Ставрополь". В пользу этого говорят такие факторы:

1. Это готовые мастерские по обслуживанию и ремонту газомоторной техники, расположенные на территории компрессорных станций, используя площади демонтированного списанного оборудования.

2. Работают высококвалифицированные опытные специалисты, освоившие технологии монтажа, наладки и обслуживания различной газомоторной техники.

3. Выполняют и, тем более, в перспективе будут выполнять переосвидетельствование газовых автомобильных баллонов, ремонт и сервисное обслуживание ведомственной газомоторной техники, поступающей в большом количестве, что сулит ощутимые экономические выгоды.

4. С учетом перспективы сооружений заправок автомобилей газом на КС, потребуется организация подобных пунктов по ремонту и обслуживанию газомоторной ведомственной техники по многим КС.

5. Что касается Невинномысского пункта в дополнение к вышеуказанному, необходимо подчеркнуть то обстоятельство, что он является важным звеном "Полигона по внедрению газомоторной техники сельскохозяйственного назначения на базе СПК "Казьминский", где ему отведено ме-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Показатели работы пункта перевода

Год	Переоборудованные а/м, шт.													Освидетельствованные баллоны, шт.				
	ЧЛ			Предприятия			Газпром			Дизель			Всего	Метан, металлопласт	Метан, металлическ.	Пропан	Прочие	Всего
	Лег	Автобус, Газель	Груз	Лег	Автобус, Газель	Груз	Лег	Автобус, Газель	Груз	Лег	Груз							
2009	2		3	4		23	3		12		4	51	697		44		741
2010	17		18	0		9	5		10		1	60	432		272	65	769
2011	10		15	16		17	1		2		2	63	537		166	40	743
2012	19		18	*		2	3		8	*	*	50	320	346	43	6	715
2013	33	2	8	*	*	3	*	*	2	*	*	48	141	369	55	11	576
2014	32		19	32		19	7		16		0	58					417

сто для монтажа пилотных образцов ГБО сельхозмашин, с подготовкой ее к массовому внедрению.

Кроме этого, пункт можно рассматривать как перспективный элемент научно-учебного центра Ставропольского края и Северного Кавказа.

В целом это позволит успешно решить проблемы по выполнению государственной программы использования природного газа в качестве моторного топлива на транспорте и в сельском хозяйстве [11, 13], увеличить количество высокотехнологических рабочих мест.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Потапенко С.И., Коклин И.М.** История создания, становления и перспективы деятельности Невинномысского участка по переводу автотранспортных средств на КПГ: Мат. науч.-практ. конф. М.: ООО "Газпром экспо", 2010. С. 114–120.

2. **Наумов О.П., Коклин И.М.** Пути повышения эксплуатационно-технических параметров сельскохозяйственных газодизельных тракторов // Транспорт и подземное хранение газа. Обз. инф. М.: "Газпром экспо", 2009. 88 с.

3. **Коклин И.М.** Опыт газовой моторизации на селе на примере Кочубеевского района // Мат. науч.-практ. конф. М.: ООО "Газпром экспо", 2010. С. 49–57.

4. **Завгороднев А.В.** Разработка маркетинговой стратегии ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" на рынке газомоторного топлива ИМИСП / Санкт-Петербургский Международный Институт Менеджмента, 2010. 27 с.

5. **Программа** развития газомоторной инфраструктуры в Ставропольском крае, июнь 2014, 11 с.

6. **Протокол** совещания у Председателя Совета директоров ОАО "Газпром" по вопросу "О перспективах развития рынка газомоторного топлива в сельском хозяйстве и газозаправочной инфраструктуры ООО "Газпром газомоторное топливо" на 2013–2016 годы" Москва, 09 июля 2013 г.

7. **Маленкина И.Ф., Тимофеев В.В., Коклин И.М.** Технико-экономическое обоснование создания испытательного полигона для сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе. Транспорт на альтернативном топливе. 2011. №1. С. 30–33.

8. **Коклин И.М.** Система практической работы в области расширения использования газа в качестве моторного топлива в ООО "Кавказтрансгаз" на примере опыта Невинномысского ЛПУМГ. Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Использование газа // Обз. инф. М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2002. 40 с.

9. **Стативко В.Л., Роднянский В.М., Гавриленко С.Д. и др.** Перевод автотранспортных средств и сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо. Природный газ в качестве моторного топлива // Обз. инф. М.: ИРЦ Газпром, 1996. 70 с.

10. **Будзуляк Б.В.** Природный газ на транспорте, 1997.

11. **Протокол** производственного совещания у заместителя Председателя Правления В.А. Маркелова от 27 июня 2013 г. по теме: "Расширение использования природного газа в качестве газомоторного топлива" (Протокол № 03-59).

12. **Регионы РФ** получат субсидии на покупку техники, работающей на газомоторном топливе // АГЗК+АТ, 2013. № 8. С. 32–34.

13. **Распоряжение Правительства** Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 767-р "О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива".

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 621.436

ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА БИОТОПЛИВАХ С ИЗМЕНЯЕМЫМ УГЛОМ ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

В.А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, **С.Н. Девянин,** д-р техн. наук, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, **В.Л. Трифонов,** канд. техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рассмотрена возможность использования смесевых биотоплив в дизельном двигателе. Представлены результаты экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С, работающего на дизельном топливе и смеси нефтяного дизельного топлива и рапсового масла. Предложена методика оптимизации угла опережения впрыскивания топлива этого дизеля. Проведены оптимизационные расчеты.

Ключевые слова: дизельный двигатель; дизельное топливо; рапсовое масло; смесевое биотопливо; оптимизация.

PARAMETERS OF DIESEL ENGINES RUNNING ON BIOFUEL MIXTUREWITH VARIABLE FUEL INJECTION ADVANCED ANGLE

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

The possibility of using biofuel mixture as a fuel for diesel engine is considered.The results of experimental research on a D-245.12C diesel engine are demonstrated, with the engine running on diesel fuel and mixture diesel fuel and rapeseed oil. Method of optimization of fuel injection advanced angle are suggested. Optimization calculations are conducted.

Keywords: diesel engine; diesel fuel; rapeseed oil; biofuel mixture; optimization.

Необходимость экономии нефтяных моторных топлив, а в перспективе – необходимость их частичного или полного замещения топливами, получаемыми из альтернативных сырьевых ресурсов, способствуют активизации поисков перспективных топлив для двигателей внутреннего сгорания [1, 2]. Еще одна причина поиска альтернативы нефтяным топливам – практически непрерывное ужесточение требований к токсичности отработавших газов (ОГ) и, следовательно, повышение требований к экологическим качествам моторных топлив [3]. Немаловажным фактором является и наличие обширных сырьевых ресурсов для получения альтернативных моторных топлив. Указанным требованиям к альтернативным топливам в значительной мере соответствуют топлива, получаемые из возобновляемых энергетических ресурсов растительного происхождения, сырьевые запасы которых практически не ограничены. К этим топливам относятся и биотоплива, производимые из растительных масел [4].

На территории Российской Федерации выращиваются различные масличные культуры, но наибольшее распространение получили подсолнечник, рапс и соя [4, 5]. Широкомасштабное использование этих растительных масел для производства биотоплив позволит не только заместить нефтяные моторные топлива альтернативными, но и улучшить показатели токсичности ОГ. При работе дизельных двигателей на этих биотопливах, как правило, отмечается заметное уменьшение эмиссии токсичных компонентов ОГ. В первую очередь это относится к выбросам несгоревших углеводородов и дымности ОГ, которые при использовании биотоплив снижаются в 1,5–2 раза. Кроме того, производство и применение топлив растительного происхождения обеспечивает кругооборот углекислого газа в атмосфере, поскольку при сжигании биотоплив в двигателях внутреннего сгорания в атмосферу выбрасывается примерно такое же количество углекислого газа, которое поглощается в процессе выращивания сырья для производства биотоплива. Это приводит к уменьшению выброса в атмосферу парниковых газов и предотвращению парникового эффекта.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 1

Свойства нефтяного ДТ и растительных масел

Физико-химические свойства	Топливо и масла					
	Нефтяное ДТ	Рапсовое	Подсолнечное	Соевое	Пальмовое	Хлопковое
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830	916	923	924	918	919
Вязкость кинематическая, мм^2/с при:						
20 °С	3,8	75,0	65,2	–	–	–
40 °С	2,4	36,0	30,7	32,0	–	–
100 °С	1,0	8,1	7,4	7,7	8,6	7,7
Коэффициент поверхностного натяжения при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	33,0	–	–	–
Цетановое число	45	36	33	50	49	–
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12,6	12,4	12,4	12,4	12,4
Теплота сгорания низшая, H_u, МДж/кг	42,5	37,3	37,0	36–39	37,1	–
Температура самовоспламенения, °С	250	318	320	318	315	316
Температура застывания, °С	–35	–20	–16	–12	+30	–18
Содержание серы, % (масс.)	0,20	0,002	–	–	–	–
Содержание, % по массе:						
С	87,0	78,0	77,6	77,5	76,6	77,1
Н	12,6	10,0	11,5	11,5	12,0	11,7
О	0,4	12,0	10,9	11,0	11,4	11,2
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,20	0,40	0,51	0,44	–	0,23

Примечание: "–" – свойства не определялись.

Широкому использованию биотоплив на основе растительных масел препятствуют отличия физических свойств растительных масел от свойств нефтяного дизельного топлива (ДТ), оказывающие влияние на протекание рабочих процессов дизелей (табл. 1) [4]. В первую очередь это относится к процессам топливоподачи, распыливания топлива и смесеобразования. Эти процессы, в значительной степени, определяются такими физическими свойствами топлива, как плотность, вязкость, сжимаемость, поверхностное натяжение.

Повышенная плотность растительных масел и топлив на их основе приводит к увеличению дальнобойности струи распыливаемого топлива [4, 6, 7]. В то же время очень важно обеспечить согласованность геометрических характеристик струй распыливаемого топлива (их длины, ширины, угла раскрытия струи) с размерами и формой камеры сгорания. Из-за высокой вязкости растительных масел и их повышенного коэффициента поверхностного натяжения уменьшается угол раскрытия топливных струй и ухудшается мелкость распыливания – увеличивается средний диаметр капель. Кроме того, повышенное поверхностное натяжение растительных масел повышает неоднородность их распыливания. Высокие плотность и вязкость растительных масел, подаваемых в камеру сгорания (КС) дизеля штатной системой топливоподачи дизеля, являются причиной увеличения их цикловой подачи и часового расхода по сравнению с ДТ по ГОСТ 305–82. При этом отмечается рост максимального давления впрыскивания. Действительный момент начала впрыскивания смещается при этом в сторону увеличения угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ).

Увеличение длины струи распыливаемых биотоплив усугубляется их худшей самовоспламеняемостью (увеличением периода задержки воспламенения (ПЗВ), рис. 1) [8]. В результате за ПЗВ струи распыливаемого растительного масла достигают

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 © Æ 2015 *. 10:13:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

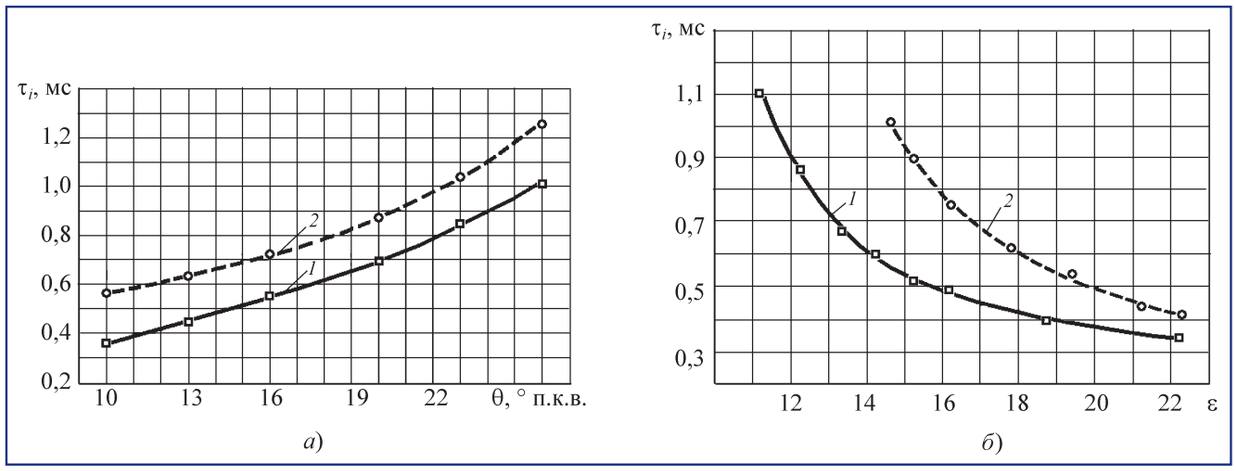

Рис. 1. *Зависимость периода задержки воспламенения топлив от угла опережения впрыскивания топлива (а) и степени сжатия (б):*

1 – ДТ; *2* – РМ (характеристики получены на установке ИДТ-69, предназначенной для оценки воспламеняемости топлив методом совпадения вспышек)

стенок КС, часть топлива, попадающая на стенки, не сгорает полностью, уменьшается доля объемного смесеобразования, могут наблюдаться потеря подвижности поршневых колец и загрязнение моторного масла.

Один из путей приближения свойств биотоплив к свойствам нефтяного ДТ – использование смесевых биотоплив [4]. Этому способствует способность растительных масел смешиваться в любых пропорциях с большинством органических растворителей (в том числе и с нефтепродуктами – бензином и дизельным топливом). Это свойство растительных масел позволяет получать моторные топлива с заданными физико-химическими свойствами путем смешивания различных компонентов в требуемых пропорциях.

Как следует из данных рис. 1, при переводе дизеля с нефтяного ДТ на топлива, получаемые с использованием растительных масел, изменяется период задержки воспламенения. В связи с этим желательно реализовать корректирование момента впрыскивания (угла опережения впрыскивания топлива – УОВТ) в дизеле, работающем на указанных топливах. Реализация оптимизированных характеристик УОВТ обеспечивает значительное улучшение показателей топливной экономичности и токсичности ОГ [3, 6, 9]. В связи с этим требуется проведение дополнительных исследований с целью определения оптимизированных значений УОВТ в дизеле, работающем на смесевых биотопливах на основе растительных масел.

Исследование влияния УОВТ на показатели топливной экономичности и токсичности ОГ проведено с использованием экспериментальных данных по дизелю типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) Минского моторного завода, имеющему полуразделенную камеру сгорания (КС) типа ЦНИДИ. В этом дизеле организовано объемно-пленочное (пристеночное) смесеобразование. Камера сгорания типа ЦНИДИ выполнена с диаметром горловины $d_г$ = 38 мм, наибольшим диаметром камеры $d_{к\,max}$ = 62 мм и глубиной $h_к$ = 29 мм (рис. 2). Подача топлива осуществляется разделенной системой топливоподачи с топливным насосом высокого давления (ТНВД) типа PP4M10U1f фирмы Motorpal и форсунками типа ФДМ-22 с распылителями типа DOP 119S534 фирмы Motorpal. Топливо впрыскивается на горячие кромки горловины и внутренние стенки камеры в поршне вблизи горловины, что обеспечивает стабильное воспламенение биотоплива. Характерная особенность этой КС состоит в том, что диаметр горловины составляет примерно 30 % от диаметра поршня. В результате на такте сжатия в КС наблюдается выраженное торообразное вихревое движение воздуха, что помогает улучшить качество процесса смесеобразования. Некоторые параметры исследуемого дизеля представлены в табл. 2.

Расчетные исследования проведены с использованием программного комплекса "ДИЗЕЛЬ-РК", разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана профессором А.С. Кулешовым [10, 11]. Математическое моделирование рабочего процесса дизеля типа Д-245.12С проведено при его работе на смесевом биотопливе, содержащем 80 % ДТ и 20 % рапсового масла (РМ). Как показано в ряде работ [4, 12], именно такой состав смесевого биотоплива позволяет, с одной стороны, обеспечить наибольшее замещение ДТ альтернативным биотопливом, а с другой – обеспечивает надежное

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:48

Color profile: Disabled
Composite Default screen

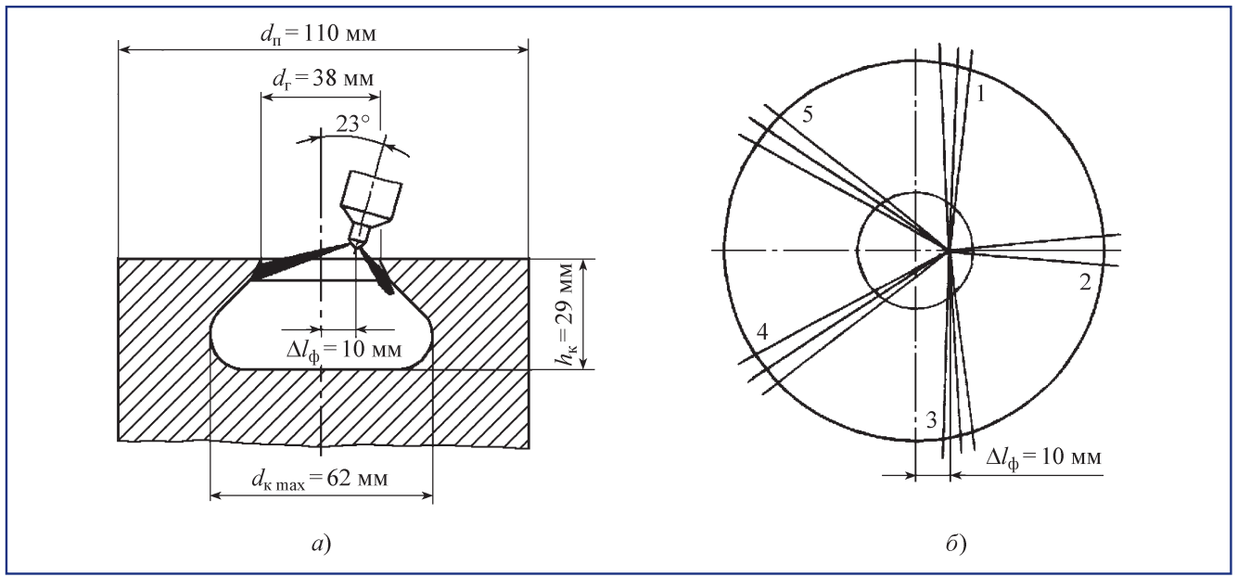

Рис. 2. *Камера сгорания дизеля типа Д-245.12С со схемой расположения форсунки (а) и ориентация струй распыливаемого топлива в КС (б):*
1–5 – номера струй распыливаемого топлива

Таблица 2

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

№	Параметры	Значения
1	Тип двигателя	Четырехтактный, рядный
2	Число цилиндров	4
3	Диаметр цилиндра, мм	110
4	Ход поршня, мм	125
5	Рабочий объём цилиндра, л	1,08
6	Общий рабочий объём, л	4,32
7	Степень сжатия	16,0
8	Система питания	ТНВД типа PP4M10U1f фирмы Motorpal
9	Диаметр плунжеров ТНВД, мм	10
10	Ход плунжеров ТНВД, мм	10
11	Длина нагнетательных топливопроводов $L_т$, мм	540
12	Форсунки	Типа ФДМ-22 производства ОАО "Куроаппаратура" (г. Вильнюс)
13	Распылители форсунок	Фирмы Motorpal типа DOP 119S534 с пятью распыливающими отверстиями с $d_р$ = 0,34 мм и $\mu_р f_р$ = 0,250 мм^2
14	Давление начала впрыскивания форсунок $p_{фо}$, МПа	21,5

самовоспламенение и высокое качество сгорания смесевого биотоплива на всех эксплуатационных режимах работы дизеля, а также не приводит к закоксовыванию распылителей форсунок. Физико-химические свойства ДТ, РМ и указанного смесевого биотоплива, необходимые для проведения расчетных исследований, приведены в табл. 3.

При расчетных исследованиях показателей дизеля типа Д-245.12С, работающего с различными УОВТ на нефтяном дизельном топливе и на смеси 80 % ДТ и 20 % РМ, рассмотрена возможность его оснащения опытными распылителями, разработанными Алтайским заводом прецизионных изделий (АЗПИ, г. Барнаул) при участии МГТУ им. Н.Э. Баумана [13, 14]. Схема этого распылителя, позволяющего улучшить качество процессов распыливания топлива и смесеобразования, представлена на рис. 3.

Распылитель на рис. 4 позволяет улучшить качество смесеобразования за счет столкновения струй топлива, формируемых смежными распыливающими отверстиями, пересекающимися под углом ψ. Этот угол обеспечивает столкновение струй друг с другом на расстоянии около 10 мм от поверхности носка распылителя. Распылитель содержит корпус *1* с цилиндрической полостью *2*, конической за-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:48

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 3

Физико-химические свойства различных топлив

Физико-химические свойства	Топлива		
	ДТ	РМ	80 % ДТ + 20 % РМ
Молекулярная масса	190	298	212
Содержание, % по массе:			
C	87,0	78,0	85,2
H	12,6	10,0	12,1
O	0,4	12,0	2,7
Плотность, кг/м^3:			
при 20 °C	830	916	848
при 50 °C	808	897	826
Вязкость кинематическая, мм^2/с:			
при 20 °C	3,8	75,0	9,0
при 50 °C	2,1	29,5	4,5
Вязкость динамическая, Па·с:			
при 20 °C	0,00315	0,06870	0,007632
при 50 °C	0,00170	0,02646	0,003717
Коэффициент поверхностного натяжения, Н/м:			
при 20 °C	0,0271	0,0332	0,0283
при 50 °C	0,0253	0,0318	0,0266
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 300	41 500
Условная энергия активации предпламенных реакций, кДж/моль	22,0	30,0	23,6
Цетановое число	45	36	43
Удельная теплота парообразования, кДж/кг	250	200	240
Давление насыщенных паров при T = 480 K, бар	0,0477	0	0,0382
Давление насыщенных паров при T = 710 K, бар	1,616	1,2	1,533
Теплоемкость топлива при температуре форсунки (50 °C), Дж/(кг·K)	1853	2000	1882

Примечание: "–" – свойства не определялись; ДТ – дизельное топливо; РМ – рапсовое масло; для смеси ДТ и РМ указано объемное процентное содержание компонентов.

порной поверхностью *3*, носком распылителя *4*, подыгольной полостью *5* и несколькими распыливающими отверстиями *6*, *7*, выполненными попарно и расположенными равномерно по поверхности носка распылителя. При этом оси распыливающих отверстий *6*, *7* расположены в плоскости, проходящей через ось корпуса распылителя. Входные кромки *8*, *9* распыливающих отверстий *6*, *7* расположены на конической запорной поверхности *3* корпуса *1* распылителя. Игла *10* распылителя подпружинена пружиной к корпусу *1* и имеет коническую поверхность *11* и коническую запорную часть *12*, сопрягающуюся с конической запорной поверхностью *3* корпуса *1* распылителя. При впрыскивании топливо от ТНВД по нагнетательному топливопроводу подается к форсунке и по каналам, выполненным в корпусе *1*, поступает в цилиндрическую полость *2* и воздействует на коническую поверхность *11* иглы *10*. В результате игла *10* поднимается вверх, между конической запорной частью *12* иглы и конической запорной поверхностью *3* корпуса *1* распылителя образуется кольцевая щель, по которой топливо поступает к входным кромкам *8* и *9* распыливающих отверстий *6* и *7*, по

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:49

Color profile: Disabled
Composite Default screen

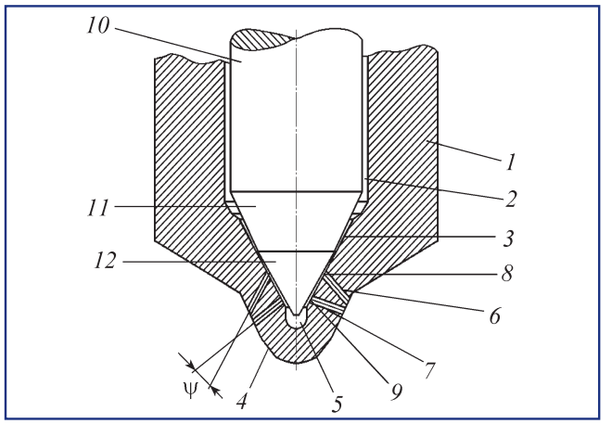

Рис. 3. *Конструктивная схема распылителя:*
1 – корпус; *2* – цилиндрическая полость; *3* – коническая запорная поверхность; *4* – носок распылителя; *5* – подыгольная полость; *6*, *7* – распыливающие отверстия; *8*, *9* – их входные кромки; *10* – игла; *11* – ее коническая поверхность; *12* – ее запорная часть

которым оно впрыскивается в КС дизеля. При этом струи дополнительно турбулизуются и образуется одна общая струя большего объема. Причем, длина этой струи несколько меньше струи, формируемой одним распыливающим отверстием, имеющим эффективное проходное сечение, равное сумме проходных сечений распыливающих отверстий *6* и *7*.

В соответствии с разработанной конструктивной схемой на АЗПИ были изготовлены распылители, имеющие параметры, представленные в табл. 4 и 5. В этих же таблицах приведены аналогичные данные по штатным для исследуемого дизеля распылителям DOP 119S534 фирмы Motorpal.

При расчетных исследованиях показателей дизеля типа Д-245.12С исследован номинальный режим (режим максимальной мощности) при частоте вращения n = = 2400 мин$^{-1}$ с объемной цикловой подачей топлива $q_ц$ = 80 мм^3 или массовой подачей $g_ц$ = 67 мг. В расчетах задавался закон подачи, формируемый кулачками ТНВД модели PP4M10U1f, представленный в табл. 6. Было принято, что закон подачи, формируемый при работе на дизельном топливе, справедлив и для случая работы на указанном смесевом биотопливе (80 % ДТ и 20 % РМ).

На номинальном режиме работы дизеля Д-245.12С штатный статический УОВТ, определяемый на выходе из штуцера ТНВД, равен θ = 13° поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки (п.к.в. до ВМТ). При этом действительный (динамический) УОВТ, соответствующий моменту начала подъема иглы форсунки, уменьшается по сравнению с установочным УОВТ на время прохождения волны давления по нагнетательному трубопроводу от ТНВД до форсунки. Такое запаздывание впрыскивания топлива на номинальном режиме составляет $\Delta_и$ = 6° п.к.в., т.е. динамический УОВТ равен при этом $\theta_{дин}$ = 7° п.к.в. до ВМТ. В табл. 7 приведено соответствие исследованных статических θ и динамических $\theta_{дин}$ УОВТ на номинальном режиме работы дизеля Д-245.12С.

Расчетные исследования показателей дизеля Д-245.12С проведены в диапазоне изменения УОВТ $\theta_{дин}$ = 0–15° п.к.в. до ВМТ. Полученные расчетные значения основных параметров дизеля, работающего на номинальном режиме на ДТ при n = 2400 мин$^{-1}$, представлены в табл. 7. Они свиде-

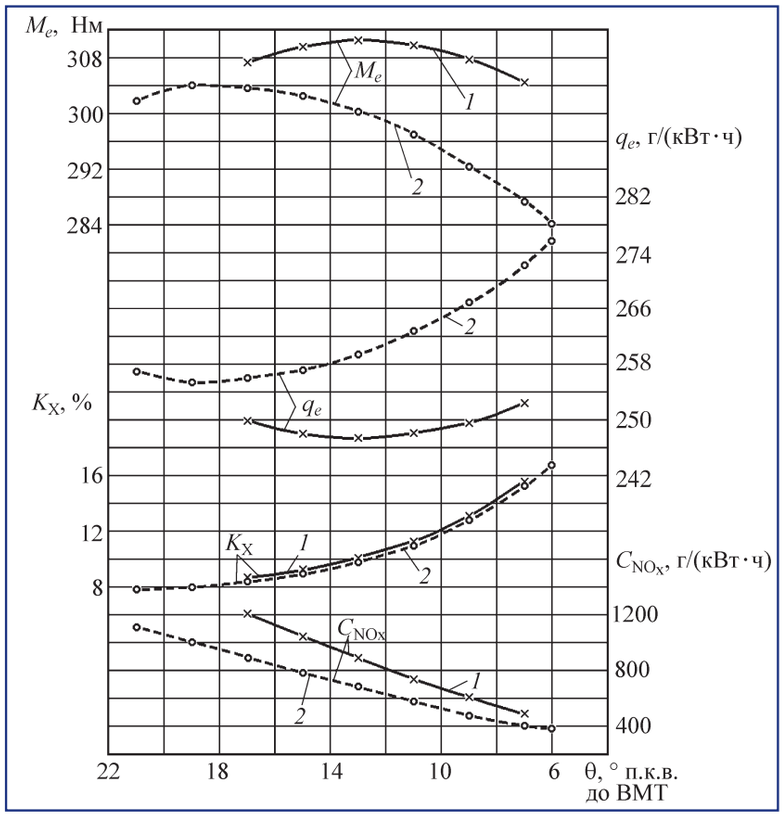

Рис. 4. *Зависимость показателей дизеля типа Д-245.12С от УОВТ при его работе на номинальном режиме на различных топливах:*
1 – ДТ; *2* – смесь 80 % ДТ и 20 % РМ

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:49

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 4

Параметры исследуемых распылителей

№ распылителя	Модель	Число распыливающих отверстий $i_р$	Диаметр распыливающих отверстий $d_р$, мм	Максимальный подъем иглы форсунки $h_и$, мм	Суммарная эффективная площадь распылителя в сборе $\mu_р f_р$, мм
1	Motorpal DOP 119S534	5	0,34	0,30	0,250
2	АЗПИ	10	0,25	0,31	0,270

Таблица 5

Расположение распыливающих отверстий распылителей

№ отверстий	Угловое расположение отверстия относительно штифта, град		Угол наклона отверстия относительно оси распылителя, град	
	Распылитель № 1	Распылитель № 2	Распылитель № 1	Распылитель № 2
1	8	8	63,5	67/36
2	90	90	72,0	75/45
3	172	172	63,0	67/36
4	237	237	52,5	55/30
5	303	303	53,5	55/30

Таблица 6

Закон подачи топлива дизеля типа Д-245.12С на режиме с частотой вращения n = 2400 мин$^{-1}$ и цикловой подачей $q_ц$ = 80 мм^3

Угол поворота вала φ, ° п.к.в.	Скорость впрыскивания, м^3/с	Угол поворота вала φ, °п.к.в.	Скорость впрыскивания, м^3/с	Угол поворота вала φ, ° п.к.в.	Скорость впрыскивания, м^3/с
0	0	6,0	$8{,}6\cdot10^{-5}$	12,0	$8{,}8\cdot10^{-5}$
1,0	$2{,}2\cdot10^{-5}$	7,0	$8{,}5\cdot10^{-5}$	13,0	$8{,}2\cdot10^{-5}$
2,0	$5{,}6\cdot10^{-5}$	8,0	$8{,}4\cdot10^{-5}$	14,0	$6{,}4\cdot10^{-5}$
3,0	$7{,}6\cdot10^{-5}$	9,0	$9{,}5\cdot10^{-5}$	15,0	$4{,}4\cdot10^{-5}$
4,0	$8{,}0\cdot10^{-5}$	10,0	$9{,}4\cdot10^{-5}$	16,0	0
5,0	$8{,}4\cdot10^{-5}$	11,0	$9{,}2\cdot10^{-5}$	–	–

тельствуют о том, что оптимальный с точки зрения топливной экономичности УОВТ составляет θ = = 13° п.к.в. до ВМТ (рис. 4).

Аналогичные расчетные исследования проведены и для дизеля Д-245.12С, работающего на смеси 80 % ДТ и 20 % РМ. Результаты этих исследований, представленные в табл. 8 и на рис. 4, свидетельствуют о том, что при работе на смесевых биотопливах оптитум по топливной экономичности смещается в область более ранних впрыскиваний. Для смеси 80 % ДТ и 20 % РМ оптимальный с точки зрения топливной экономичности УОВТ составляет θ = 19° п.к.в. до ВМТ, т.е. смещается на Δθ = 6° п.к.в. в область больших УОВТ.

По рис. 4 следует отметить известное противоречие, возникающее при минимизации основных показателей токсичности ОГ дизелей – дымности ОГ K_X и содержании в ОГ оксидов азота C_{NO_x} [3, 6].

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:49

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 7

Основные показатели дизеля Д-245.12С, работающего с различными УОВТ на номинальном режиме на нефтяном ДТ

Показатели	Значения					
Статический УОВТ и, ° п.к.в. до ВМТ	7	9	11	13	15	17
Динамический УОВТ $\theta_{дин}$, ° п.к.в. до ВМТ	1	3	5	7	9	11
Удельный эффективный расход топлива g_e, г/(кВт·ч)	252,44	249,56	247,93	247,41	248,07	249,75
Эффективный КПД η_e	0,336	0,339	0,341	0,342	0,341	0,339
Дымность ОГ K_X, % по шкале Хартриджа	15,6	13,0	11,2	10,0	9,1	8,6
Содержание в ОГ оксидов азота C_{NO_x}, ppm	497	613	742	888	1043	1205
Примечание: ppm – миллионная объемная доля.						

С уменьшением УОВТ эмиссия оксидов азота снижается, а выброс сажи (дымность ОГ) – увеличивается. Таким образом, основные показатели топливной экономичности и токсичности ОГ исследуемого дизеля находятся в сложной противоречивой зависимости от УОВТ. Это противоречие усугубляется многорежимностью работы транспортных дизелей, поскольку характер зависимости от УОВТ удельного эффективного расхода топлива g_e (эффективного КПД η_e), дымности ОГ K_X и концентрации в ОГ оксидов азота C_{NO_x} изменяется при смене скоростного и нагрузочного режимов. Таким образом, задача оптимизации значений УОВТ в дизеле, работающем на смесевых биотопливах на основе растительных масел, является многокритериальной оптимизационной задачей, не имеющей строгого аналитического решения.

При разработке методики оптимизации значений УОВТ могут быть использованы различные методы [15]. Оптимизация величины УОВТ должна проводиться с учетом целого комплекса показателей дизеля, включая показатели топливной экономичности и токсичности ОГ. Причем, поскольку токсичность ОГ оценивается несколькими показателями (эмиссией оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов CH_x, сажи C или твердых частиц), то необходимо использование методов многокритериальной оптимизации.

Для решения задачи оптимизации значения УОВТ дизеля типа Д-245.12С использован метод свертки, при котором частные критерии оптимальности сводятся к обобщенному мультипликативному критерию. В качестве частных критериев оптимальности выбраны условный эффективный КПД η_e и показатели токсичности ОГ двигателя. Как показано в ряде работ [3, 4, 6], основным токсичным компонентом ОГ дизельных двигателей являются оксиды азота NO_x. Их доля в суммарных токсичных выбросах дизелей составляет от 30 до 80 % по массе и от 60 до 95 % по эквивалентной токсичности. В предлагаемой методике оптимизации они и приняты в качестве частных критериев оптимальности, характеризующими токсичность ОГ. Для интегральной оценки показателей дизеля на различных скоростных и нагрузочных режимах использованы интегральные показатели дизеля на режимах 13-режимного испытательного цикла ECE R49 для оценки токсичности ОГ, схематично показанного на рис. 5.

Значения интегральных удельных массовых выбросов токсичных компонентов ОГ дизеля, работающего на режимах 13-режимного испытательного цикла ECE R49, рассчитывались по общепринятой методике [3, 6]. Выражение для расчета удельных массовых выбросов оксидов азота имеет вид

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

где $E_{NO_{x\,i}}$ – массовый выброс оксидов азота на i-м режиме 13-режимного испытательного цикла ECE

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:50

Color profile: Disabled
Composite Default screen

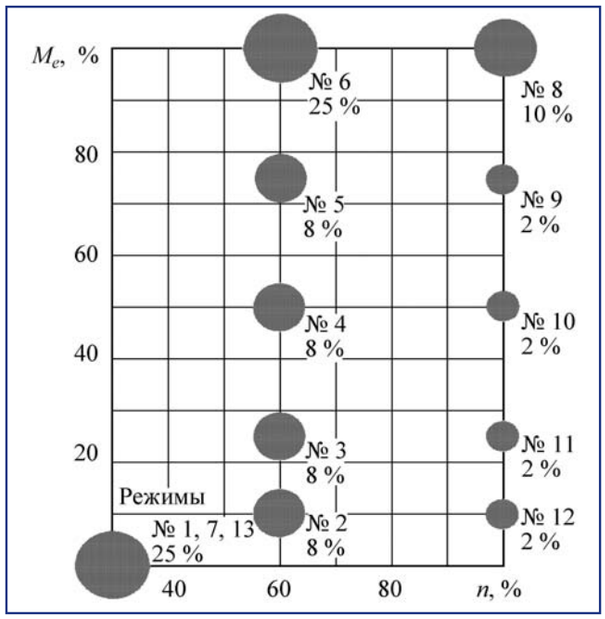

Рис. 5. *Испытательный 13-режимный цикл ECE R49 для оценки токсичности ОГ дизелей в стендовых условиях*

R49, г/ч; $N_{e\,i}$ – мощность двигателя на этом режиме, кВт; K_i – коэффициент, отражающий долю времени i-го режима в 13-режимном испытательном цикле ECE R49 (рис. 5).

Значения эффективного КПД и удельного эффективного расхода топлива определялись по известным зависимостям [16, 17]:

$$\eta_e = \frac{3600}{H_U \cdot g_e};$$

$$g_e = \frac{1000 G_{\text{т}}}{N_e}. \qquad (2)$$

Оценку интегрального расхода топлива на режимах 13-режимного цикла можно проводить по среднему (условному) удельному эффективному расходу топлива, который может быть определен с использованием зависимости [3, 6]

$$g_{e\,\text{усл}} = \frac{\sum_{i=1}^{13} G_{\text{т}\,i} \cdot K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} \cdot K_i}, \qquad (3)$$

где $G_{\text{т}\,i}$ – часовой расход топлива на i-м режиме. Поскольку смесевые биотоплива имеют меньшую теплотворную способность, топливную экономичность дизеля при его работе на этих топливах целесообразно оценивать не только удельным эффективным расходом топлива g_e, но и эффективным КПД η_e. Причем, для интегральной оценки работы дизеля на режимах 13-режимного цикла использован условный эффективный КПД, определяемый из соотношения

$$\eta_{e\,\text{усл}} = \frac{3600}{H_U \cdot g_{e\,\text{усл}}}, \qquad (4)$$

где H_U – низшая теплота сгорания исследуемого топлива, МДж/кг.

Поскольку условный эффективный КПД двигателя $\eta_{e\,\text{усл}}$ и удельные массовые выбросы оксидов азота e_{NO_x} имеют различную размерность, то при оптимизации значений УОВТ использованы приведенные (относительные безразмерные) значения этих параметров, определяемые в виде

Таблица 8

Основные показатели дизеля Д-245.12С, работающего с различными УОВТ на номинальном режиме на смеси 80 % ДТ и 20 % РМ

Показатели	Значения							
Статический УОВТ θ, ° п.к.в. до ВМТ	7	9	11	13	15	17	19	21
Динамический УОВТ $\theta_{\text{дин}}$, ° п.к.в. до ВМТ	1	3	5	7	9	11	13	15
Удельный эффективный расход топлива g_e, г/(кВт·ч)	272,12	266,87	262,79	259,34	257,27	256,35	255,40	256,93
Эффективный КПД η_e	0,319	0,325	0,330	0,334	0,337	0,338	0,339	0,338
Дымность ОГ K_X, % (Хартридж)	15,3	12,7	10,9	9,8	8,9	8,4	8,0	7,8
Содержание в ОГ оксидов азота C_{NO_x}, ppm	409	476	579	681	773	882	998	1098

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:51

Color profile: Disabled
Composite Default screen

$$\eta_{e\ усл\ пр} = \frac{\eta_{e\ усл\ i}}{\eta_{e\ усл\ шт}}; \qquad (5)$$

$$e_{NO_x\ пр} = \frac{e_{NO_x i}}{e_{NO_x\ шт}}, \qquad (6)$$

где $\eta_{e\ усл\ i}$, $e_{NO_x\ i}$ – соответственно условный эффективный КПД и содержание в ОГ оксидов азота при работе с рассматриваемым УОВТ; $\eta_{e\ усл\ шт}$, $e_{NO_x\ шт}$ – соответствующие параметры дизеля при работе со штатным УОВТ ($\theta = 13°$ п.к.в. до ВМТ).

В предлагаемой методике оптимизации значимость частных критериев оптимальности принята одинаковой, поэтому с учетом выражений (5), (6) задача оптимизации значения УОВТ сводится к нахождению обобщенного мультипликативного критерия оптимальности (обобщенной целевой функции) в виде

$$J_o = (1/\eta_{e\ усл\ пр}) \cdot e_{NOx\ усл\ пр}. \qquad (7)$$

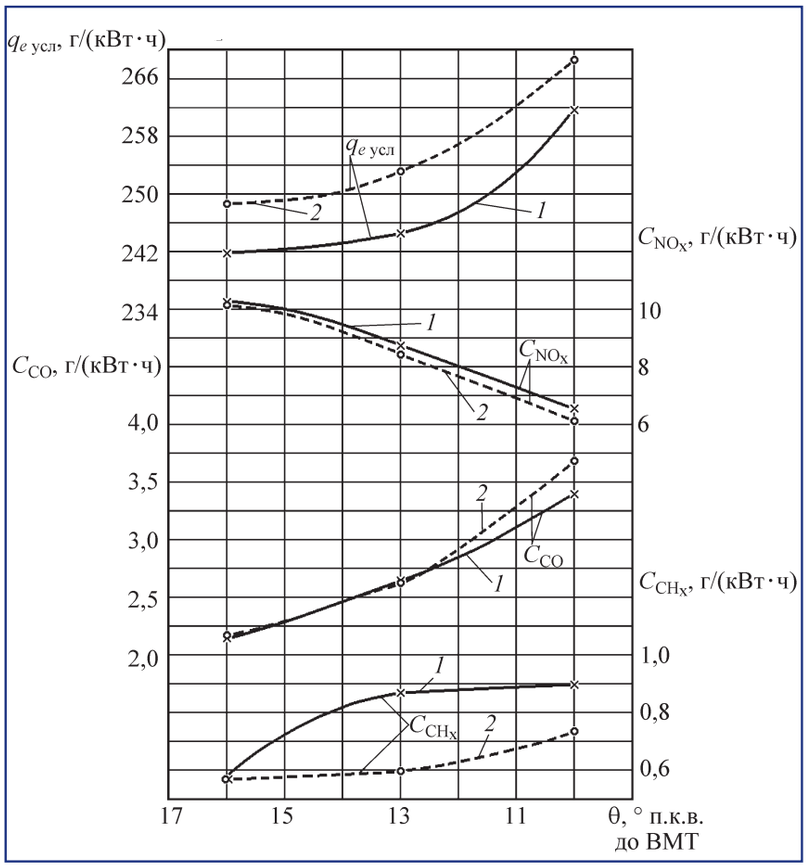

Рис. 6. *Зависимость показателей дизеля Д-245.12С с опытными распылителями АЗПИ от УОВТ при его работе на различных топливах:*
1 – ДТ; *2* – смесь 80 % ДТ + 20 % РМ

Результаты экспериментальных исследований дизеля типа Д-245.12С с опытными распылителями АЗПИ представлены в работах [13, 14] и показаны на рис. 6 и в табл. 9. Они свидетельствуют о том, что при работе на ДТ и смеси 80 % ДТ и 20 % РМ показатели дизеля находятся в сложной противоречивой зависимости от УОВТ. Поэтому требуется оптимизация УОВТ с учетом показателей топливной экономичности и токсичности ОГ дизеля.

Оптимизация значений УОВТ дизеля типа Д-245.12С с опытными распылителями АЗПИ проведена по предложенной выше методике оптимизации. С учетом выражений (5) и (6) задача оптимизации УОВТ сводится к нахождению обобщенной целевой функции J_o в соответствии с выражением (7), представляющим собой произведение показателей, характеризующих топливную экономичность и эмиссию оксидов азота. При этом необходимо отметить, что дизели, работающие на кислородсодержащих топливах и оборудованные распылителями, улучшающими качество процессов распыливания топлива и смесеобразо-

Таблица 9

Основные показатели дизеля Д-245.12С, работающего с различными УОВТ на разных топливах на режимах 13-режимного цикла

УОВТ, ° п.к.в. до ВМТ	Показатели дизеля, г/(кВт·ч)			
	e_{NOx}	e_{CO}	e_{CHx}	$g_{e\ усл}$
Нефтяное ДТ				
θ = 10	6,534	3,395	0,897	261,63
θ = 13	8,722	2,646	0,869	244,49
θ = 16	10,258	2,144	0,569	241,79
Смесь 80 % ДТ и 20 % РМ				
θ = 10	6,111	3,685	0,735	268,60
θ = 13	8,430	2,636	0,597	253,11
θ = 16	10,167	2,177	0,569	248,61

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:51

Color profile: Disabled
Composite Default screen

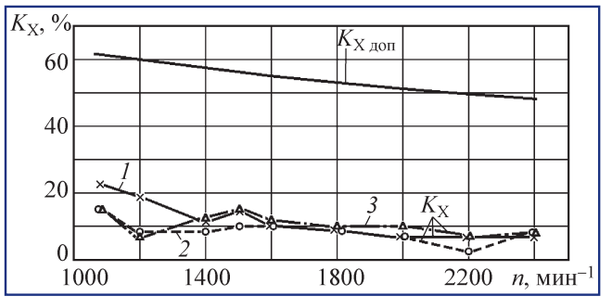

Рис. 7. *Зависимость дымности ОГ K_X от частоты вращения n коленчатого вала дизеля типа Д-245.12С с распылителями АЗПИ, работающего на смесевом биотопливе на режимах ВСХ при различных УОВТ [° п.к.в. до ВМТ]:*
1 – 13; *2* – 10; *3* – 16; $K_{X\ доп}$ – допустимая дымность ОГ, регламентируемая для режимов ВСХ правилами 24-03 ЕЭК ООН

вания, отличаются сравнительно невысокой дымностью ОГ [4]. Это подтверждается данными рис. 7, где показаны характеристики дымности ОГ дизеля типа Д-245.12С, оснащенного опытными распылителями АЗПИ и работающего на смеси 80 % ДТ и 20 % РМ при УОВТ θ =10, 13 и 16° п.к.в. до ВМТ. Дымность ОГ исследуемого дизеля существенно ниже допустимой дымности ОГ, регламентируемой для режимов внешней скоростной характеристики (ВСХ) правилами 24-03 ЕЭК ООН, что позволяет не включать показатель дымности ОГ в выражение для целевой функции J_o, используемой при оптимизации УОВТ.

Оптимизация значений УОВТ для дизеля типа Д-245.12С проведена путем изменения УОВТ в диапазоне от 10 до 16 ° п.к.в. до ВМТ и вычисления в каждой узловой точке (при θ = 10, 13 и 16° п.к.в. до ВМТ) значений J_o. Минимальное значение целевой функции J_o соответствует оптимальному значению УОВТ. Результаты проведенной таким образом оптимизации УОВТ приведены в табл. 10. Как следует из данных табл. 10, в исследуемом дизеле, работающем на нефтяном ДТ, наиболее благоприятное сочетание показателей топливной экономичности и токсичности ОГ (эффективного КПД η_e и удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NO_x}) достигается при УОВТ, равном θ = 10° п.к.в. до ВМТ. При таком УОВТ обеспечивается минимум целевой функции J_o = 0,800.

Аналогичные результаты оптимизации УОВТ получены и для исследуемого дизеля, работающего на смеси 80 % ДТ и 20 % РМ. И в этом случае минимум целевой функции J_o = 0,770 получен при УОВТ, равном θ = 10° п.к.в. до ВМТ (см. табл. 10). Следует также отметить, что указанное значение целевой функции является наименьшим, среди всех значений J_o, представленных в табл. 10. Это свидетельствует о том, что наиболее благоприятное сочетание показателей топливной экономич-

Таблица 10

Оптимизация значений УОВТ дизеля типа Д-245.12С, работающего на нефтяном дизельном топливе и смеси 80 % ДТ + 20 % РМ

Вид топлива	Показатели дизеля					
	$\eta_{e\,усл}$	$1/\eta_{e\,усл}$	$1/\eta_{e\,усл\,пр}$	e_{NO_x}, г/(кВт·ч)	$e_{NO_x\,пр}$	J_o
Нефтяное дизельное топливо						
θ = 10° п.к.в. до ВМТ	0,324	3,086	1,068	6,534	0,749	0,800
θ = 13° п.к.в. до ВМТ	0,346	2,890	1,000	8,722	1,000	1,000
θ = 16° п.к.в. до ВМТ	0,350	2,857	0,989	10,258	1,176	1,163
Смесь 80% ДТ и 20% РМ						
θ = 10° п.к.в. до ВМТ	0,323	3,096	1,062	6,111	0,725	0,770
θ = 13° п.к.в. до ВМТ	0,343	2,915	1,000	8,430	1,000	1,000
θ = 16° п.к.в. до ВМТ	0,349	2,865	0,983	10,167	1,206	1,185

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:52

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ности и токсичности ОГ может быть достигнуто при совместной оптимизации значений УОВТ и состава смесевого биотоплива на основе растительных масел.

В заключение следует отметить, что дизель типа Д-245.12С не оснащен устройствами, позволяющими реализовать регулирование УОВТ в соответствии со скоростным и нагрузочным режимами. При наличии такого устройства оптимизацию УОВТ целесообразно проводить для каждого эксплуатационного режима работы дизеля. В результате этой оптимизации может быть получена базовая характеристика регулирования УОВТ, которая и будет формироваться упомянутым устройством.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

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

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

5. **Марков В.А., Девянин С.Н., Неверов В.А.** Исследование работы дизеля на смесях дизельного топлива и соевого масла // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 11. С. 3–9.

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

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

8. **Вальехо П., Гусаков С.В., Прияндака А.** Экспериментальное определение кинетических констант воспламенения растительных топлив в условиях ДВС // Вестник Российского университета дружбы народов. Инженерные исследования. 2003. № 1. С. 29–31.

9. **Марков В.А., Кузнецов А.Г., Трифонов В.Л. и др.** Улучшение экологических показателей транспортных дизелей путем управления процессом топливоподачи // Вестник МГТУ. Машиностроение. 2000. № 2. С. 62–74.

10. **Кулешов А.С., Грехов Л.В.** Расчетное формирование оптимальных законов управления дизелями на традиционных и альтернативных топливах // Безопасность в техносфере. 2007. № 5. С. 30–32.

11. **Кулешов А.С.** Многозонная модель для расчета сгорания в дизеле. Расчет распределения топлива в струе // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Машиностроение. 2007. Спец. вып. "Двигатели внутреннего сгорания". С. 18–31.

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

13. **Марков В.А., Ефанов А.А., Девянин С.Н.** Совершенствование конструкции распылителей форсунок дизелей, работающих на утяжеленных топливах // Транспорт на альтернативном топливе. 2010. № 2. С. 30–36.

14. **Markov V.A., Gladyshev S.P., Devyanin S.N. et al.** Perfection of the Processes of the Fuel Spraying and the Fuel-Air Mixture Creating in a High-Speed Diesel Engine, Working on the Bio-Fuel Mixture // SAE Technical Paper Series. 2009. № 2009-01-0845. P. 1–7.

15. **Банди Б.** Методы оптимизации. Вводный курс. М.: Радио и связь, 1988. 127 с.

16. **Вырубов Д.Н., Иващенко Н.А., Ивин В.И. и др.** Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов // Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1983. 372 с.

17. **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.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:52

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 66.084.8; 66.086.4; 66.088

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГЛЕВОДОРОДНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

М.М. Аббасов, д-р пед. наук, Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева, НАН Азербайджана, г. Баку

Представлен обзор современных экономичных, эффективных и доступных методов малоэнергетических физических воздействий на углеводородное сырье с целью интенсификации и углубления процессов переработки нефти.

Ключевые слова: кавитация; электрические, электромагнитные, магнитные, вибрационные, акустические поля; ультразвук; парамагнитные центры.

NONTRADITIONAL METHODS OF INFLUENCE ON HYDROCARBON RAW MATERIAL FOR THE INTENSIFICATION OF THE PROCESSES OF ITS PROCESSING

Abbasov M.M.

It is presented the review of modern efficient, effective and affordable methods of low-energy physical effects of hydrocarbons in order to intensify and deepen the processes of oil refining.

Keywords: cavitation; electrical, electromagnetic, magnetic, vibration, acoustic fields; ultrasound; paramagnetic centers.

Новым направлением интенсификации процессов переработки различных видов нефтяного сырья является метод малоэнергетических физических воздействий, с помощью которых можно без заметных внешних энергетических затрат и с использованием внутренних резервов вещества перестраивать его структуру. В качестве внешних воздействий, влияющих на структуру веществ, в том числе и нефтяных дисперсных систем, могут быть использованы электрические, электромагнитные, магнитные, вибрационные или акустические поля. При этом сравнительно легко достигаются эффекты, соответствующие увеличению или, наоборот, снижению упорядоченности в надмолекулярной структуре веществ. Эти методы являются наиболее перспективными ввиду их экономичности, эффективности и доступности. Их использование позволяет за короткий промежуток времени достичь значительного уровня разрушения структуры нефтяных ассоциатов и поддерживать этот уровень в течение определённого времени.

Все методы физического воздействия следует рассматривать как энергетические, обеспечивающие передачу реакционной массе необходимого количества энергии посредством перечисленных выше волновых и других видов воздействия. При этом наблюдаются существенные изменения структурного и химического состояния углеводородной системы, её активация и изменение реологических и физико-химических свойств [1].

Как известно, одним из основных ценообразующих параметров является затрата на подготовку нефти, в том числе на ее обезвоживание и обессоливание. Основным способом подготовки нефти в настоящее время является ее термохимическая обработка с использованием химических реагентов – деэмульгаторов. Недостатки термохимической подготовки нефти – высокое энергопотребление, металлоемкость и экологическая опасность, поэтому в настоящее время интенсивно проводятся поиски новых методов подготовки нефти, включая магнитное, электрическое, электромагнитное, акустическое и иные

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:52

Color profile: Disabled
Composite Default screen

воздействия на водонефтяную систему [2–6]. В частности, в Институте химии нефти СО РАН г. Томска в течение длительного времени проводятся исследования по воздействию магнитных полей на различные дисперсные среды. Влияние постоянного магнитного поля на устойчивость водонефтяной эмульсии впервые было обнаружено при исследовании возможностей разрушения нефти Малоического месторождения (содержание воды в нефти до 75 %). Была проведена серия экспериментов по разрушению водонефтяной эмульсии и в результате прокачки жидкости через магнитный активатор. В результате достигнута максимальная степень обезвоживания (93–95 %) .

Совершенствование эффективности технологии транспортировки высокопарафинистых нефтей является одной из основных задач нефтеперекачивающего комплекса.

На сегодняшний день существует множество технологий перекачки аномальных нефтей. Однако энергозатраты на транспортировку таких нефтей по трубопроводу весьма значительны. Это связано с несовершенством технических средств и технологических процессов транспортировки и хранения нефти и является предпосылкой к разработке новых методов и технологий совершенствования процесса перекачки аномальных нефтей.

Большой вклад в исследование нефтей, обладающих неньютоновскими свойствами, внесли такие ученые и специалисты, как: Л.С. Лейбензон, В.И. Черникин, В.С. Яблонский, Л.С. Абрамзон, В.М. Агапкин, Р.Н. Бикчентай, А.Х. Мирзаджанзаде, А.К. Галлямов, Н.А. Гаррис, В.Е. Губин и др. В их работах затронуты различные стороны организации транспорта высоковязких и высокопарафинистых нефтей.

В работах [7–12] представлены результаты экспериментальных исследований изменения реологических характеристик (эффективной вязкости) высокопарафинистой нефти (ВПН) Харьягинского месторождения под воздействием физических полей.

Харьягинская нефть представляет собой типичную неньютоновскую жидкость и обладает вязкопластическими свойствами, характеризуемыми начальным напряжением сдвига, которое имеет значение 0,6 при температуре 20 С. Вязкопластичные свойства данной нефти исчезают при достижении температуры 35 °С. Для разработки технологии сокращения энергетических затрат на транспортировку таких нефтей исследованы закономерности изменения реологических характеристик и увеличения времени релаксации транспортируемой высокопарафинистой нефти с помощью комплексной ультразвуковой и магнитной обработки. Выявлено, что в результате снижения динамической вязкости высокопарафинистой нефти, которое достигается комплексным воздействием высокоэнергетическим ультразвуковым полем (не менее 15 Вт/см^2), магнитным полем с индукцией 1–2 Тл при времени обработки нефти не менее 3 мин и магнитных импульсов с индукцией до 2,0 Тл и длительностью не менее 1 мс, достигается уменьшение энергетических затрат на транспортировку высокопарафинистой нефти. Использование комплексного ультразвукового и магнитного воздействий приводит к увеличению до 3 сут времени релаксации вязкости транспортируемой высокопарафинистой нефти (по сравнению с тепловой обработкой), что позволяет транспортировать высокопарафинистую нефть на значительные расстояния.

Энергетическое воздействие на нефть и нефтепродукты позволяет увеличить выход легколетучих фракций при ее перегонке. Применяя импульсное энергетическое воздействие (кавитационное) из тяжелой нефти можно получить 20–30 % бензина, 40–50 % дизельного топлива, 20–30 % мазута, битума и других тяжелых товарных продуктов. Само явление кавитации – это образование в капельной жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью (так называемых кавитационных пузырьков, или каверн). Кавитационные пузырьки образуются в тех местах, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического значения. Это может происходить при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация); при прохождении акустической волны (акустическая кавитация); при воздействии интенсивного лазерного импульса (оптическая кавитация), при прохождении электромагнитного поля (магнитно-импульсная кавитация).

Ведущую роль в образовании пузырьков при кавитации играют газы, выделяющиеся внутри образующихся пузырьков. Эти газы всегда содержатся в жидкости и при местном снижении давления начинают интенсивно выделяться внутри указанных пузырьков. Поскольку под воздействием переменного местного давления жидкости пузырьки могут резко сжиматься и расширяться, то температура газа внутри пузырьков колеблется в широких пределах и может достигать 1500 °С. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну.

Под воздействием такой ударной волны происходит разрыв молекул компонентов реакционной

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:53

Color profile: Disabled
Composite Default screen

среды посредством микровзрывов; это приводит к снижению вязкости реакционной системы, а также значительно увеличивает скорость и качество протекания реакций.

Кавитационная обработка ускоряет диффузию нефти в полости парафина, интенсифицирует процесс его разрушения. Ускорение растворения парафина идет за счет интенсификации перемешивания нефти на границе нефть–парафин и действия импульсов давления, которые как бы разбрызгивают частицы парафина. Кавитация разрывает непрерывную цепочку, разрушая связи между отдельными частями молекул, влияет на изменение структурной вязкости, т.е. на временный разрыв Ван-дер-ваальсовых связей. Под воздействием кавитации большой интенсивности на протяжении длительного времени нарушаются С–С связи в молекулах парафина, вследствие чего происходят изменения физико-химического состава (уменьшение молекулярного веса, температуры кристаллизации и др.) и свойств нефтепродуктов (вязкости, плотности, температуры вспышки и др.). В процессе импульсной кавитационной обработки нефти и нефтепродуктов энергия, выделяющаяся при схлопывании кавитационных пузырьков, используется для разрыва химических связей между атомами больших молекул углеводородных соединений [13,14].

Для разрыва связей в молекулах углеводородных соединений необходимо обеспечить на сложную многокомпонентную систему, которой является нефть и нефтепродукты, многофакторное энергетическое воздействие в импульсной форме. Такое воздействие реализуется в роторных импульсных аппаратах (РИА). Энергия диссоциации связи С–Н колеблется в зависимости от молекулярной массы и структуры молекулы, в пределах 322–435 кДж/моль, энергия диссоциации связи С–С – 250–348 кДж/моль. При разрыве связи С–Н от углеводородной молекулы отрывается водород, при разрыве связи С–С – углеводородная молекула разрывается на две неравные части. При кавитационной обработке углеводородного сырья происходит деструкция молекул, вызванная микрокрекингом молекул и процессами ионизации. В результате протекания этих процессов в системе накапливаются "активированные" частицы: радикалы, ионы, ионно-радикальные образования.

РИА используются для обработки таких систем как "жидкость – жидкость", "жидкость – твердое тело" и "газ – жидкость" за счет широкого спектра факторов воздействия:

– механическое воздействие на частицы гетерогенной среды, заключающееся в ударных, срезывающих и истирающих нагрузках и контактах с рабочими частями РИА;

– гидродинамическое воздействие, выражающееся в больших сдвиговых напряжениях в жидкости, развитой турбулентности, пульсациях давления и скорости потока жидкости;

– гидроакустическое воздействие на жидкость осуществляется за счет мелкомасштабных пульсаций давления, интенсивной кавитации, ударных волн и нелинейных акустических эффектов.

Проведены экспериментальные исследования по импульсной многофакторной энергетической обработке мазутов различных нефтеперерабатывающих заводов: Карабашский НПЗ, Нижнекамский НПЗ, Шугуровский НПЗ. Исходные и конечные параметры мазутов после обработки в роторном импульсном аппарате приведены ниже в табл. 1 [15–17].

Многофакторное импульсное энергетическое воздействие на мазуты позволяет снизить вязкость на 20–30 %, увеличить температуру вспышки на 5–10 %. После кавитационной обработки в РИА в мазуте образуется до 35 % дизельного топлива (температура отгонки 250–290 °С).

Применение РИА позволяет производить многокомпонентное гомогенизированное, диспергированное печное топливо с теплотворной способностью 10–14 ккал/кг, представляющее устойчивую микроэмульсию [18–21].

Таблица 1

Качественные показатели мазутов до и после обработки их в роторном импульсном аппарате

Производитель мазута	Параметры мазута								
	Время истечения через вискозиметр ВЗ-246 при температуре 60 °С			Температура вспышки, °С			Плотность, кг/м^3		
	исх.	кон.	Δ, %	исх.	кон.	Δ, %	исх.	кон.	Δ, %
Карабашский НПЗ	155	90	42	120	127	5	925	920	0,5
Шугуровский НПЗ	38	23	39	105	115	9	915	915	0
Нижнекамский НПЗ	165	120	25	145	135	–7	920	920	0

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:53

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Исходным сырьем для приготовления такого котельного топлива может служить сырая нефть, обводненный мазут, нефтяные шламы, жидкие производные пиролиза углеводородов (шины, уголь и пр.), сланцевое масло, растительные и минеральные масла, отходы растительных и животных масел, угольный порошок, в которые перед обработкой можно добавлять до 15–20 % воды, в том числе воды, загрязненной нефтепродуктами. Возможно использование в котельных высокосернистых мазутов сохраняя нормы выбросов SO_x в атмосферу, без использования водорастворимых присадок, связывающих серу.

В высоковязких мазутах содержится вода в виде отдельных местных скоплений. Использование в качестве топлива специально приготовленных водомазутных эмульсий является одним из эффективных методов, позволяющих решить эту проблему. Одной из применяемых технологий для использования в котлах малой и средней мощности является технология с использованием РИА.

При сжигании водомазутных эмульсий получают существенный экономический эффект, повышение КПД на 3–5 % и снижение эмиссии загрязняющих веществ (CO, сажи, окислов азота, бензапирена и других канцерогенных полициклических ароматических углеводородов) в атмосферу.

Кавитационная обработка водомазутной эмульсии с добавлением кальция и ее последующее сжигание позволяют уменьшить в дымовых газах концентрацию окислов азота в 2–5 раз, концентрацию сернистого ангидрида в 2–3 раза, оксида углерода в 2–2,5 раза. Происходят глубокие структурные изменения в молекулярном составе углеводородов, повышение степени дисперсности асфальтенов, карбенов, карбоидов до размерного ряда частиц 2–3 мкм. Длинные молекулярные цепи преобразовываются в легкие углеводородные радикалы газовых, дистиллятных топливных фракций.

Наибольший экономический эффект и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивает добавление в топливо 10–15 % воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %.

Обеспечивается возможность сжигания некондиционных высоковязких и обводненных мазутов. В качестве водной фазы можно использовать загрязненные промышленные стоки предприятий. При повышении содержания воды в эмульсии свыше 20 % по объему, качественные показатели процесса горения снижаются по сравнению с горением чистого топлива. Однако если учесть, что процесс сгорания водно-топливной эмульсии (ВТЭ) достаточно стабилен при более высоком содержании воды (до 40–50 %) в зависимости от вида топлива, открывается возможность уничтожения (огневого обезвреживания) жидких стоков производства.

Использование гомогенизированной водно-мазутной смеси позволяет повысить коэффициент сжигания топлива, сэкономить мазут и уменьшить вредные выбросы NO_x и CO_x в атмосферу при их сжигании. Механизм этого эффекта объясняется следующим обстоятельством. Мазут, поступая в горелку, распыляется форсункой. Дисперсность (размер капель) мазута составляет порядка 0,1–1 мм. Если в такой капле топлива находятся включения более мелких капелек воды (с дисперсностью около 1 мкм), то при нагревании происходит вскипание таких капелек с образованием водяного пара. Водяной пар разрывает каплю мазута, увеличивая дисперсность подаваемого в горелку топлива. В результате увеличивается поверхность контакта топлива с воздухом, улучшается качество топливовоздушной смеси.

Одновременно в факеле происходят каталитические реакции, ведущие к уменьшению вредных газовых выбросов. Возможность снижения количества вдуваемого воздуха при сжигании ВТЭ весьма важна, поскольку КПД котельного агрегата при уменьшении коэффициента избытка воздуха на 0,1 % увеличивается на 1 %. Время пребывания капель в реакционном объеме топки возрастает за счет удлинения их траектории в процессе турбулентного перемешивания, увеличивается удельная реакционная поверхность капель топлива. Скорость сгорания топлива в виде мелких капель увеличивается и сопровождается выделением меньшего количества твердых продуктов, чем у крупных капель мазута, разрушаются смолисто-асфальтенновые структуры.

Кроме котельных, эмульсии могут быть применены на металлургических печах и цементных обжиговых печах. При этом, кроме экономической эффективности, за счет снижения содержания серы в продуктах сгорания факела, достигается более высокое качество конечной или промежуточной продукции.

Технология инициированного термомеханического крекинга "ИТМК" основывается на совместном термомеханическом воздействии на сырье с использованием законов гидродинамики и тепломассообмена для организации инициированного крекинга в условиях кавитации и волнового воздействия [22, 23].

Нагретое до подкритичной температуры сырье (колебательные уровни молекул уже возбуждены, но еще не происходит лавинообразного разрыва

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:53

Color profile: Disabled
Composite Default screen

связей молекул вследствие этого возбуждения) направляют в блок обработки, в котором сырье подвергается механическому (например, кавитационному) и волновому воздействию различной природы и широкого спектра резонансных частот.

Наложение механического и волнового воздействия на нагретое термическим способом до подкритичной температуры сырье позволяет инициировать и активировать процесс термомеханического крекинга, т.е. процесс разрыва связей уже возбужденных молекул, при этом, в отличие от обычного термического крекинга, инициированный процесс разрыва связей с помощью наложения резонансного воздействия управляется интенсивностью и характером наложенного воздействия.

Процесс термомеханического крекинга становится управляемым, а не лавинообразным, что ведет к уменьшению коксования оборудования, увеличению его межремонтного пробега. Продукты термомеханического инициированного крекинга более качественные, чем продукты термического крекинга, в них значительно меньше газов и непредельных соединений.

После обработки сырья в реакторе "ИТМК" выход наиболее ценных светлых (бензиновых и дизельных) продуктов увеличивается в 2–15 раз в зависимости от состава сырья (тяжелая нефть, мазут и т.д.). Так как волновое воздействие накладывается для инициирования разрыва связей в уже возбужденных молекулах, его энергия тратится только на активацию и управление процессом термомеханического крекинга, поэтому энергетические затраты невелики. Химические реактивы и катализаторы в процессе не используются.

Для воздействия на нагретое сырье можно использовать различные устройства – роторно-пульсационные аппараты, устройства радиоактивного облучения, воздействия звуком и ультразвуком от внешних источников различного типа (пьезоизлучатели, магнитоизлучатели) и др.

В "ИТМК" для кавитационной и волновой обработки нагретого до подкритичной температуры сырья и наложения на нее волнового воздействия, используют специально разработанные устройства – гидродинамические генераторы, действие которых основано на гидродинамических эффектах движения многофазной среды с большой скоростью по каналам с препятствиями и поворотами различной формы.

Гидродинамические генераторы не только трансформируют энергию потока в энергию кавитационных каверн, колебаний и волн, но и обеспечивают в рабочей зоне рождение и схлопывание кавитационных пузырьков, значительное вихреобразование, различные формы движения многофазной среды, что обеспечивает нужную обработку протекающего сырья. При таком подходе процесс кавитации и волновой обработки происходит во всем объеме зоны обработки, а не только в приповерхностных зонах, как при использовании, например, роторно-пульсационных аппаратов. В аппаратах "ИТМК" нет движущихся частей, что увеличивает ресурс оборудования.

Исследования и принципиальная конструкторская проработка оборудования для осуществления процесса "ИТМК" проведены на пилотной установке производительностью до 200 кг/ч (1500 т в год) по сырью. Опробованное сырье – нефть различных месторождений, в том числе и тяжелая, кубовые остатки, отработанные масла, нефтешламы и другие нефтяные остатки. Глубина переработки (выход легких светлых фракций) достигает 75–85 % и более в зависимости от состава и свойств сырья.

Значительная часть так называемых коксовых отложений на катализаторе крекинга представляет собой ценные углеводородные соединения, которые адсорбируются коксом. В процессе выжига кокса они теряются безвозвратно, что снижает эффективность основного каталитического процесса. Уменьшение количества углеводородных отложений на катализаторе, кроме экономического выигрыша, имеет большое экологическое значение, так как при этом снижаются выбросы в окружающую среду. В процессе регенерации в воздух, кроме продуктов горения, выбрасываются и десорбирующиеся из кокса продукты пиролиза, так как они обладают высокой летучестью. Необходимо иметь в виду, что пары воды, образующиеся в процессе выжига углеводородных и коксовых отложений, уменьшают время жизни катализатора.

Для уменьшения отложений кокса на катализаторе и адсорбированных в нем углеводородных соединений весьма эффективно может использоваться микроволновая энергия – сверхвысокочастотное (СВЧ) излучение, с помощью которого осуществляется нагрев катализатора. Так, известен способ [24], согласно которому катализатор после отделения от продуктов крекинга и перед подачей на регенерацию подвергают обработке микроволновой энергией в специальном устройстве. Частота СВЧ излучения может регулироваться таким образом, чтобы либо нагревать закоксованный катализатор, в результате чего десорбируются углеводороды, соединения серы и азота, либо селективно воздействовать непосредственно на молекулы углеводородов и других соединений, либо на добавляемую воду (до 5 масс.%). Показано, что при этом увеличивается эффективность процесса крекинга

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

тяжелых углеводородов в более легкие, увеличивается активность и время жизни катализатора и снижаются выбросы в атмосферу.

Способ крекинга тяжелого нефтяного сырья осуществляют в трубчатых печах, катализатор перед загрузкой в реактор подвергают обработке СВЧ полями с круговой поляризацией и электронно-программированной модуляцией с целью его активации в реакциях [25]. Сырье, как и катализатор, также активируют СВЧ полями для обеспечения более глубокого превращения в условиях пиролиза. Активация сырья может проводиться при прокачивании его через трубы, подводящие к реактору, обработанные СВЧ-полями, подобно катализатору. Оксиды кремния SiO_2, магния MgO, а также оксиды железа Fe_2O_3, Fe_2O_4 и металлические частицы Ni, Cr, Co размером до 10 мкм и удельной поверхностью 30–200 $м^2/г$ добавляют к потоку сырья в количестве от 0,5 до 5,0 % масс. При этом термическую переработку (крекинг) производят с одновременным наложением перпендикулярно потоку сырья магнитного поля в 1000–1500 Гс [(0,1–0,15) 10^{-4} Тл], а вдоль потока сырья – электрического тока силой от 50 мА до 3,0 А. Описанный способ позволяет снизить выход кокса. В данном способе твердые частицы неподвижны относительно жидкой среды нефтяного сырья и движутся вместе с потоком сырья.

Энергия магнитного поля является одним из самых эффективных, экономичных и доступных видов энергии. Во многих областях человеческой деятельности (в том числе в медицине, сельском хозяйстве, промышленности, теплоэнергетике, коммунальном хозяйстве и т.д.) накоплен большой положительный опыт использования постоянных магнитных полей, создаваемых специальными устройствами – магнитотронами или магнитоактиваторами, которые действуют на неферромагнитные вещества, имеющие различную физическую природу и находящиеся в разных агрегатных состояниях [3–6, 26–28].

Основой теории о коллоидном строении нефтяных систем является концепция, связывающая лабильность нефтяных дисперсных систем с постоянным и переменным парамагнетизмом их компонентов [29, 30]. В результате физико-химических воздействий на тяжёлое нефтяное сырьё изменяется его состав, что способствует интенсификации традиционных процессов переработки.

Тяжелые нефтяные остатки содержат в своем составе в значительных количествах асфальтено-смолистые вещества. Комплексные исследования модельных углеводородов и реальных нефтяных систем при различных внешних воздействиях показали, что существование сорбционно-сольватного слоя асфальтенсодержаших компонентов в значительной мере определяется характером и интенсивностью воздействий на нефтяные системы. Все асфальтенсодержащие системы полидисперсны и отличаются сложностью компонентного состава [31–33].

Согласно последним исследованиям, нефтяные дисперсные системы (НДС) являются термодинамически подвижными. В них непрерывно осуществляются гемолитические переходы (диамагнитных молекул в парамагнитные и обратно), которые вызывают переорганизацию надмолекулярных структур, т.е. определяют поведение системы в целом. Изменение парамагнетизма нефтяной системы влияет на ее поведение в процессах переработки и транспортирования.

Одним из способов воздействия на концентрацию радикалов в нефтяной системе является наложение на нее магнитного поля. Исследованиями в стационарном режиме показано, что в магнитном поле происходят образование и рекомбинация радикалов, причем на кривые распределения концентрации радикалов помимо прочих изученных факторов влияют индукция магнитного поля, а также наличие и природа растворителя [29, 30].

В работе [34] в результате исследования парамагнетизма различных нефтей под действием магнитного поля в динамическом режиме сделан вывод о смещении ассоциативного равновесия в НДС и изменении вследствие этого концентрации радикалов.

В работе [35] исследовано влияние постоянного магнитного поля на парамагнитную активность НДС в потоке.

Проведенные исследования парамагнитных свойств различных прямогонных нефтяных и газоконденсатных остатков в динамическом режиме в магнитном поле (индукция 0,225 Тл) в широком диапазоне скоростей показали, что исходные остатки содержали в зависимости от природы $(0,7–52)\cdot10^{18}$ парамагнитных центров (ПМЦ). Под влиянием магнитного поля в исследованных условиях увеличение парамагнитной активности образцов при минимальной скорости потока составляет до 60 %. С увеличением скорости потока эффект влияния магнитного поля снижается.

Было также исследовано влияние постоянного магнитного поля на реологические и парамагнитные свойства ряда парафинистых нефтей [36–39]. Для высокопарафинистых нефтей с повышенным содержанием нейтральных смол при воздействии магнитного поля отмечено увеличение вязкости и энергии активации вязкого течения и их снижение с повышенным содержанием кислых смол. Процессы образования ассоциатов, протекающие в

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 2

Результаты исследования парамагнитных свойств различных прямогонных нефтяных и газоконденсатных остатков в динамическом режиме в магнитном поле

Объемная скорость потока, мл/мин	Концентрация (10^{18} спин/г) ПМЦ				
	в мазуте	в гудроне		в смеси мазута с гудроном	
		А*	С**	А	С
До воздействия магнитного поля					
0	0,69	5,87	33,81	2,60	18,38
12	–	5,90	39,15	2,69	18,73
42	–	6,05	40,52	2,81	20,44
144	0,63	6,25	41,77	2,88	21,91
После однократного пересечения магнитного поля					
12	–	8,21	51,70	–	25,34
42	–	7,46	49,30	–	24,98
144	–	6,51	43,23	–	23,34
После двукратного пересечения магнитного поля					
12	–	9,23	52,04	3,59	26,60
42	–	8,40	50,00	3,32	25,46
144	0,75	6,51 (4,76)	44,03 (29,68)	3,06 (2,37)	25,23 (16,03)

* Получены прямой перегонкой парафинистого газоконденсата.

** Получены прямой перегонкой высокоароматизированной нефти в скобках даны значения после 16 ч после обработки магнитным полем.

нефтяных дисперсных системах после магнитного воздействия и определяющие изменение реологических свойств нефти, зависят от содержания парафиновых углеводородов, смол и асфальтенов. Изменение при магнитной обработке степени ассоциации молекул, которое сопровождается скачкообразным изменением энергии активации вязкого течения, свидетельствует о происходящих в нефтяной системе структурных преобразованиях. Воздействие магнитного поля смещает ассоциативно-диссоциативное равновесие в нефтяной дисперсной системе, приводит к различным релаксационным эффектам.

Проведены исследования процессов подготовки и первичной переработки грозненских нефтей и тяжелых нефтяных остатков после обработки постоянным магнитным полем. В литературе [40, 41] показано, что использование такой обработки позволяет интенсифицировать процессы обессоливания и обезвоживания, увеличивает выход светлых в процессе первичной переработки.

Возможность интенсификации вакуумной перегонки углеводородных остатков была исследована с помощью постоянного магнитного поля в динамическом режиме. Предварительную магнитную обработку [42–46] осуществляли на проточной установке.

В работе [47, 48] исследован процесс каталитического крекинга вакуумного газойля под воздействием волн радиочастотного диапазона, так называемый индукционный нагрев. Индукционный нагрев – это нагревание материалов электрическими токами, которые индуцируются переменным магнитным полем, следовательно, это нагрев магнитным полем индукторов (источников переменного магнитного поля). Эксперименты были проведены с использованием реактора со стационарным слоем катализатора, облучаемого радиочастотным излучением от генератора мощностью 27,12 МГц. При этом тепло, генерируемое на катализаторе магнитным полем, рассеивается в окружающую среду, предотвращая реакции вторичного крекинга и образование кокса на катализаторе. Эффективность приема энергии от радичастотного излучения зависит от диэлектрических свойств каталитической системы. Исследования были проведены с использованием двух видов вакуумных газойлей (SALVGO), (BPLGO) и цеолита 13X. Сравнительное изучение продуктов крекинга этих газойлей показало, что при крекинге SALVGO об-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

разуются углеводороды в диапазоне C_{11}–C_{30} со средней молекулярной массой 294, в то время как при крекинге BPLGO углеводороды в диапазоне C_{11}–C_{25} со средним молекулярным весом 243. Конверсия сырья при этом составила 87 и 72 % соответственно. В составе продуктов крекинга SALVGO содержится значительное количество низших олефинов, таких как пропилен и бутен, и ароматических соединений, таких как бензол и толуол в случае крекинга BPLGO.

Магнитное поле также может быть использовано в процессах отделения отработанного и свежего катализатора непосредственно в процессе крекинга и регенерации. Как известно, при крекинге сырья в псевдоожижженном слое катализатора часть отработанного катализатора остается все время в зоне крекинга (так называемые слепые зоны), и смешиваясь со свежим катализатором, приводит к уменьшению активности последнего. Так как закоксованный катализатор крекинга тяжелого нефтяного сырья содержит значительное количество тяжелых металлов, он более чувствителен к действию магнитного поля, чем свежий и отрегенерированный катализаторы, что и было исследовано в работе [49] для отделения закоксованного катализатора посредством пропускания потока катализатора над намагниченной лентой, во время которого закоксованный катализатор сорбируется на поверхности ленты и затем счищается в специальный приемник.

Более широкое использование энергии постоянного магнитного поля сильно ограничено недостаточной теоретической разработкой проблемы действия сил магнитного поля из-за сложности структурных и энергетических превращений, протекающих в веществах различного строения на микро- и макроуровне. Поэтому дальнейшее изучение поведения нефтей различного состава в постоянном магнитном поле позволит расширить и углубить познания в вопросах, рассматривающих влияние физических полей на свойства структурированных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Халафова И.А.** Интенсификация процесса каталитического крекинга вакуумного газойля и смеси его с мазутом воздействием магнитного поля. Дисс. на соискание ученой степени к.т.н., Баку, 2014. 38 с.

2. **Хуторянский Ф.М.** Разработка и внедрение высокоэффективных технологий подготовки нефти на электрообессоливающих установках НПЗ. Автореф. дис. ... д.т.н., М.: 2008. 12 с.

3. **Пивоварова Н.А.** Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля. Автореф. дис. ... д.т.н., М.: 2005. 3 с.

4. **Лоскутова Ю.В., Юдина Н.В.** Влияние магнитного поля на структурно-реологические свойства нефтей // Известия Томского политехнического университета. Томск. Т. 309. 2006. № 4. 104 с.

5. **Леоненко В.В., Сафонов Г.А.** Магнитно-акустическая обработка нефти Талаканского месторождения // Нефтепереработка и нефтехимия. 2005. № 3. 10 с.

6. **Пивоварова Н.А., Клепова Н.А., Белинский Б.И. и др.** Влияние магнитного поля на результаты перегонки нефтяных остатков // Нефтепереработка и нефтехимия, 2003. № 12. С. 23–26.

7. **Козачок М.В.** Обоснование технологии перекачки высокопарафинистой нефти харьягинского месторождения с использованием комплексного воздействия магнитного поля и ультразвуковых колебаний / Диссертация на соискание ученой степени к.т.н, Санкт-Петербург. 2012. 285 с.

8. **Козачок М.В., Крапивский Е.И., Некучаев В.О.** О возможности изменения реологических свойств транспортируемой высоковязкой нефти с помощью физических полей // Межрегиональная научно-техническая конференция "Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов" УГТУ (г. Ухта). 2009. Т. 4. С. 194–196.

9. **Козачок М.В.** Влияние физических полей на реологические свойства транспортируемых высоковязких нефтей // "СПб – 2010. К новым открытиям через интеграцию геонаук": Мат. Всерос. конф. (5–8 апреля 2010). 2010. Т. 1. С. 118–120.

10. **Козачок М.В., Крапивский Е.И., Некучаев В.О.** Применение ультразвука мощностью 1,5 Вт/см^2 с целью изменения реологических характеристик аномальной нефти // Межрегиональная научно-техническая конференция "Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов" (г. Ухта 18–19 ноября 2010 г.) УГТУ. 2010. С. 268–272.

11. **Козачок М.В., Крапивский Е.И., Пахотин П.А.** Исследование влияния ультразвуковой кавитации на состояние трубопровода при помощи комплекса дистанционной электромагнитной диагностики / Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГГУ, 2011. Т. 9. С. 386–390.

12. **Kozachok M.V., Krapivsky E.I., Sabanov S.M.** Abnormal oil rheological properties changing by ultrosound using different power / "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" Pärnu Estonia, January 10–15, 2011. P. 127–129.

13. **Промтов М.А., Авсеев А.С.** Импульсные технологии переработки нефти и нефтепродуктов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2007. № 6. С. 22–24.

14. **Золотухин В.А.** Новая технология для переработки тяжелой нефти и осадков нефтеперерабатывающих производств // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2004. № 10. С. 8–11.

15. **Курочкин А.К., Козлов К.Н., Курочкин А.В., Курочкин А.А.** Применение процесса "Висбрекинг – ТЕРМАКАТ" в структуре действующих НПЗ / "Нефтепереработка и нефтехимия – 2005": Материалы секции Д VI конгресса нефтегазопромышленников России "Нефтегазовый комплекс – реальность и перспективы", Уфа, 2005. С. 70–71.

16. **Патент** № 2078116 РФ. Кладов А.Ф. Способ крекинга нефти и нефтепродуктов и установка для его осуществления. 27.04.1997.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

17. **Патент** № 2149886 РФ. Быков И.Н., Бембель В.М., Колмаков В.А. и др. Способ обработки нефти, нефтепродуктов, углеводородов. 27.05.2000.

18. **Бесов А.С., Колтунов К.Ю., Брулев С.О. и др.** Деструкция углеводородов в кавитационной области в присутствии электрического поля при активации водными растворами электролитов / Письма в ЖТФ, Т. 29. Вып. 5. 2003. С. 71–77.

19. **Немчин А.Ф., Михайлик В.А, Тодорашко Г.Т., Щепкин Е.В.** Влияние кавитационного воздействия на углеводородное топливо // Пром. теплотехника, Т. 24. 2002. № 6. С. 60–63.

20. **Kenneth S. Suslick A.** The Chemical Effects of Ultrasound // Scientific American, 1989, February. P. 80–86.

21. **Промтов М.А.** Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. М.: Машиностроение-1; 2001. 260 с.

22. **Золотухин В.А.** Технология бесконтактного гидрокрекинга углеводородов для глубокой переработки нефти и нефтяных остатков // Нефть, газ, промышленность, 2014. № 1 (51). С. 26–30.

23. **Рабинович Г.Л., Парпуц О.И, Жарков Б.Б.** Глубокая переработка тяжелой нефти и нефтяных остатков // Промышленный Казахстан, 2013. №11 (95). С. 6–12.

24. **Патент** US 5073349 17.12.91.

25. **Патент** US 4545879 08.10.85.

26. **Пивоварова Н.А.** Возможности воздействия магнитных полей на нефтяные системы Сб. науч. трудов "Теория и практика добычи, транспорта и переработки газоконденсата". АНИПИГаз Астрахань, Из-во АГТУ, 1999. Вып. 1. С. 209–213.

27. **Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н., Гейнц Э.Р. и др.** Использование магнетронных устройств для омагничивания жидких сред. Сб. науч. трудов. Электрон. и электромеханические системы и устройства. Науч. произв. центр "Полюс", Томск, 1997. С. 179–183.

28. **Пивоварова Н.А.** Новые технологии в химической, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности, основанные на безреагентных методах // Прикладная физика, 1999. № 1. С. 127–133.

29. **Igarashi M., Meng Q.X., Sakaguchi Yu. et al.** // Molecular Physic, 1995. № 5. P. 943–955.

30. **Misra A., Dutta R., Chowdhurry M.** // Chemical Physical Letters, 1995. V. 243. № 3–4. P. 308–313.

31. **Мир-Бабаев М.Ф.** Нефтяные смолисто-асфальтеновые вещества // Химия и технология топлив и масел, 1996. № 6. С. 43–46.

32. **Альтшуллер С.А., Козырев Б.М.** Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп. М.: Наука, 1972. 672 с.

33. **Ахметов Б.Р., Евдокимов И.Н. Елисеев Н.Ю.** Некоторые особенности надмолекулярных структур в нефтяных средах. ХТТМ, 2002. № 4. С. 41–43.

34. **Лоскутова Ю.В., Прозорова И.В., Пынченков В.И. и др.** Теоретическое и практическое регулирование свойств нефтяных дисперсных систем. Томск, Наука, 1999. С. 76–81.

35. **Пивоварова Н.А., Унгер Ф.Г., Туманцев Б.П.** Влияние постоянного магнитного поля на парамагнитную активность нефтяных систем // Химия и технология топлив и масел, 2002. № 6. С. 30–32.

36. **Такаева М.А., Власова Г.В., Мухамбетова З.А. и др.** Обессоливание грозненских нефтей в магнитном поле // Сб. мат. ППНКТ АГТУ Астрахань, 2009.

37. **Такаева М.А., Пивоварова Н.А., Кириллова Л.Б., Власова Г.В., Щугорев В.Д., Ахмадова Х.Х.** Особенности обессоливания парафинистой нефти. Ч. 1. Возможности волнового воздействия и активирующих добавок при обессоливании нефти // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, 2009. № 6. С. 86–88.

38. **Такаева М.А., Пивоварова Н.А., Кириллова Л.Б., Власова Г.В., Щугорев В.Д., Ахмадова Х.Х.** Особенности обессоливания парафинистой нефти. Ч. 2. Возможности волнового воздействия и активирующих добавок при обессоливании нефти // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ, 2010. № 1. С. 92–95.

39. **Такаева М.А., Пивоварова Н.А., Мусаева М.А. и др.** Исследование эффективности действия различных деэмульгаторов на глубину обессоливания нефти // История науки и техники, 2010. № 9. Спецвып. № 3. С. 77–83.

40. **Такаева М.А., Мусаева М.А., Кириллова Л.Б. и др.** Интенсификация процесса подготовки и переработки грозненских нефтей // Материалы международной научно-технической конференции "Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук". Уфа: УГНТУ, 2010. С. 47–50.

41. **Такаев М.А., Мусаева М.А., Ахмадова Х.Х., Кириллова Л.Б., Сыркин А.М.** Повышение эффективности отбора бензиновых фракций грозненской нефти // Башкирский химический журнал, 2010. Т. 17. № 4. С. 100–105.

42. **Пивоварова Н.А.** Интенсификация процессов переработки углеводородного сырья воздействием постоянного магнитного поля: автореферат дис. ... д-ра техн. наук. М.:, 2005. 50 с.

43. **Пивоварова Н.А.** Возможности процесса висбрекинга нефтяных остатков // Сб. трудов конф. "Современные проблемы геофизики, геологии, освоения, переработки и использования углеводородного сырья Казахстана". Атырау, 16–19 сент. 2000. АИНГ. Атырау, 2001, Т. 2. С. 203–208.

44. **Пивоварова Н.А., Клепова Н.А., Белинский Б.И.** Влияние магнитного поля на результаты перегонки нефтяных остатков // Нефтепереработка и нефтехимия, 2003. № 12. С. 23–26.

45. **Пивоварова Н.А., Клепова Н.А., Куранова Ю.А., Пивоваров А.Т.** Активация сырья вакуумной перегонки воздействием магнитного поля // Вестник Астраханского государственного технического университета, 2004. № 4(23). С. 72–74.

46. **Тиан Х.-П., Хе М.-Ю., Лонг Ж.** SINOPEC Research Institute of Petroleum Proctssing, Пекин, КНР, Улучшение показателей работы установок ККФ в Китае // Нефтегазовые технологии, 2005. № 6. С. 25–29.

47. **S.I. Al-Mayman [a], S.M. Al-Zahrani.** Catalytic craking og gas oils in the electromagnetic fields: reactor design and performance// Fuel Processing Technology, 2003. V. 80. P. 169–182.

48. **S.I. Al-Mayman [a], S.M. Al-Zahrani.** Catalytic craking og gas oils in the electromagnetic fields: dielectric properties of zeolitic catalysts // Catalysis Letter, 2002. V. 78. N 1(4). P. 331–337.

49. **Leoper M.C., Kingman S.W., Seville J.P.K.** Application of permament dry hight intensity magnetic separation for the processing of spent FCC catalyst // Magnetic and Electrical Separation, V. 11(3). P. 141–153.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 621.436

МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

В.А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
С.Н. Девянин, д-р техн. наук, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,
В.А. Шумовский, асп., МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рассмотрена возможность использования водотопливных эмульсий в качестве топлива для дизелей. Приведена конструкция эмульгирующего устройства, используемого для получения водотопливной эмульсии. Проведен анализ физико-химических свойств исследуемых водотопливных эмульсий. Представлены результаты экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С, работающего на дизельном топливе и водотопливных эмульсиях различного состава. Предложена методика оптимизации состава эмульсий нефтяного дизельного топлива и воды. Проведены оптимизационные расчеты.

Ключевые слова: дизельный двигатель; дизельное топливо; водотопливная эмульсия; оптимизация.

METHOD OF OPTIMIZATION OF WATER-FUEL EMULSIONS FOR DIESEL ENGINES

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

The possibility of using water-fuel emulsions as a fuel for diesel engines is considered. The design of an emulsifying device used for producing water-fuel emulsions is presented. The analysis of chemical-physical characteristics of the examined emulsions is carried out. The results of experimental research on a Д-245.12С diesel engine are demonstrated, with the engine running on diesel fuel and water-fuel emulsions with different percentage of water and fuel. Method of optimization of oil diesel fuel and water emulsion composition are suggested. Optimization calculations are conducted.

Keywords: diesel engine; diesel fuel; water-fuel emulsion; optimization.

Важнейшей задачей современного двигателестроения является дальнейшее снижение токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания [1–3]. В качестве одного из наиболее эффективных методов снижения выброса наиболее значимых токсичных компонентов ОГ дизелей – оксидов азота NO_x и сажи С (дымность ОГ) рассматривается использование водотопливных эмульсий (ВТЭ) [4–7]. В настоящее время ВТЭ широко применяются в судовых дизелях [8–10]. Проводятся исследования по использованию ВТЭ в тепловозных и стационарных дизелях [11–13]. Актуально использование эмульгированных топлив и для автотракторных дизелей [2, 14, 15]. Следует отметить, что адаптация двигателей к работе на эмульгированных топливах позволяет не только достичь улучшения ее экологических показателей, но и решить проблемы повышения топливной экономичности энергетической установки, снижения тепловой напряженности, использования вязких сортов топлива [11, 16, 17].

Одной из основных проблем использования эмульгированных топлив является определение количества воды в смесях (эмульсиях) с нефтяным дизельным топливом (ДТ). Этой проблеме посвящен ряд опубликованных работ. Так, в работе [18] проведены исследования четырехцилиндрового дизеля, работающего на нефтяном ДТ и на ВТЭ с различным содержанием воды. Испытан дизель типа BF4M1012C фирмы Deutz с турбонаддувом, рабочим объемом iV_h = 3,2 л, мощностью N_e = = 82 кВт при n = 2400 мин$^{-1}$. Дизель исследован на скоростном режиме с n = 2100 мин$^{-1}$ на ВТЭ с массовым содержанием воды, равным 0 % (нефтяное ДТ), 9, 18, 27, 36 и 45 %. Исследования показали, что состав ВТЭ оказывает наибольшее влияние на дымность ОГ. На режиме с максимальной нагрузкой перевод дизеля с ДТ на ВТЭ с содержанием во-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 2015 *. 10:13:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ды, равным 36 %, позволил снизить дымность ОГ в десять раз. При этом удельный эффективный расход топлива g_e практически не изменялся, а содержание в ОГ оксидов азота C_{NO_x} уменьшилось примерно в 2 раза. На номинальном режиме при n = = 2400 мин$^{-1}$ снижение выбросов NO_x составило 40 %, а на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ – 60 %. Наилучшее сочетание показателей дизеля получено при содержании воды в ВТЭ, равном 27 и 36 %. При переводе дизеля на ВТЭ с массовым содержанием воды 45 % отмечены неустойчивая работа на режимах с малой нагрузкой, вялый процесс сгорания и повышенный расход топлива g_e.

В работах [2, 19] приведены результаты исследований отечественного быстроходного дизеля типа ЧН 16/17, работающего на ВТЭ. Для эмульгирования ДТ применен механический диспергатор с приводом от автономного электромотора. Стабилизация ВТЭ достигалась применением поверхностно-активных веществ (ПАВ). Испытания дизеля на ВТЭ с содержанием воды до 53 % (при большем содержании воды наблюдалась неустойчивая работа дизеля) показали, что для исследуемых режимов оптимальное содержание воды в эмульсии составило 45–50 % масс. При этом обеспечивалось снижение содержания СО в ОГ в 5–8 раз, сажи – более чем в 10 раз, NO_x – в 6–8 раз. Эффективный расход топлива g_e снизился на 15–18 г/(кВт·ч). Отмечено, что на режиме с N_e = 43,7 кВт при n = = 1700 мин$^{-1}$ оптимальное содержание воды в эмульсии составило 45 %, а на режиме с N_e = 59 кВт при n = 2000 мин$^{-1}$ – 53 %.

Испытания отечественных дизелей 2 Ч 9,5/11 и 6 ЧН 21/21 на ВТЭ показали, что при содержании воды в эмульсии до 20 % топливная экономичность несколько улучшалась, а при содержании воды более 30 % – ухудшалась [2]. Выбросы NO_x существенно снижались с ростом содержания воды в эмульсии. Уменьшение эмиссии NO_x составило 8–13 % на каждые 10 % увеличения количества воды в ВТЭ. Дымность ОГ и эмиссия СО при работе на эмульсии с содержанием воды до 20 % заметно снижалась, а при 30 % проявлялась тенденция их роста. При содержании воды в ВТЭ свыше 30–35 % наблюдалась неустойчивая работа дизелей.

Тем не менее, проблема определения оптимального состава эмульгированных топлив недостаточно изучена. Для определения оптимального со става эмульсий нефтяного ДТ и воды проведены испытания дизеля типа Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5), выпускаемого Минским моторным заводом. Двигатель был оснащен топливной системой, которая включала ТНВД фирмы Motorpal (Чехия) типа PP4M10U1f с диаметром плунжеров $d_{пл}$=10 мм и их полным ходом $h_{пл}$ = 10 мм, топливопроводы высокого давления с внутренним диаметром 2,0 мм и длиной $L_т$ = 540 мм и форсунки ФДМ-22 производства АО "Куроаппаратура" (Литва), которые были отрегулированы на давление начала впрыскивания $p_{фо}$ = 21,5 МПа. Суммарная эффективная площадь распылителей составляла $\mu_р f_р$ = 0,25 мм^2. Некоторые параметры исследуемого дизеля приведены в табл. 1.

Целью исследований являлась оценка показателей топливной экономичности и токсичности ОГ дизеля при его работе на эмульгированных топливах различного состава. Для получения эмульсий ДТ и воды использовано эмульгирующее устройство, работа которого основана на создании высокочастотных колебаний смешиваемых сред с использованием эмульгирующего устройства, содержащего электромагнитный двигатель [20, 21].

Для получения стойких эмульсий этих компонентов применен эмульгатор – алкенилсукцинимид мочевины (СИМ), производимый по ТУ 38.1011039-85. Это вязкая, прозрачная, растворимая в углеводородах жидкость светло-коричневого цвета. Содержание эмульгатора в эмульгированных топливах не превышало 0,5 % (масс.). Полученные эмульсии были достаточно стабильны: расслоение эмульсии на две фракции происходило лишь после нескольких недель хранения. Однако первоначальные вид и свойства эмульсии восстанавливались путем ее простого взбалтывания. Дизель типа Д-245.12С испытывался на нефтяном ДТ и на эмульсиях ДТ и воды с содержанием последней от 0 до 15 % по объему (табл. 2).

Испытания дизеля типа Д-245.12С проведены на моторном стенде, оборудованном необходимой измерительной аппаратурой. Дымность ОГ измерялась с помощью ручного дымомера МК-3 фирмы Hartridge (Великобритания) с погрешностью измерения ±1 %. Концентрации NO_x, СО, CH_x в ОГ определялись газоанализатором SAE-7532 японской фирмы Yanaco с погрешностями измерения ±1 %. Программа исследований дизеля предусматривала его работу на различных установившихся режимах, с частотой вращения коленчатого вала n от 850 до 2400 мин$^{-1}$ и нагрузкой – крутящим моментом дизеля M_e от 0 до 360 Нм. Дизель исследовался при неизменном положении упора дозирующей рейки ТНВД (упора максимальной подачи топлива) с постоянным штатным для исследуемого дизеля установочным углом опережения впрыскивания топлива (УОВТ), равным θ = 13° поворота коленчатого вала до верхней мертвой точки (п.к.в. до ВМТ).

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:56

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 1

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

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

На первом этапе исследования проведены на режимах внешней скоростной характеристики (ВСХ) дизеля в диапазоне частот коленчатого вала n от 1000 до 2400 мин$^{-1}$. Затем были определены показатели дизеля при его работе на режимах 13-режимного испытательного цикла Правил 49 ЕЭК ООН. Результаты экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С на режимах ВСХ (рис. 1) свидетельствуют о том, что перевод дизеля с ДТ на эмульгированные топлива не приводит к существенному изменению часового расхода топлива $G_т$ (за исключением режимов с низкой частотой вращения – при n < 1400 мин$^{-1}$). Но при этом из-за пониженного содержания горючих компонентов (углерод С, водород Н) в ВТЭ при их использовании мощностные показатели дизеля (эффективная мощность N_e и крутящий момент M_e) заметно снижаются. Так, при переводе дизеля с ДТ на эмульсию, содержащую 85 % ДТ и 15 % воды, на режиме максимального крутящего момента при n = = 1500 мин$^{-1}$ крутящий момент M_e снизился с 355 до 305 Нм, а на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 271 до 231 Нм (рис. 1 и табл. 3).

С увеличением концентрации воды в эмульгированном топливе CH_2O с 0 до 7,5 % коэффициент избытка воздуха α сначала заметно увеличивается: на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ – с 1,67 до 2,14, а на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 2,28 до 2,78 (см. рис. 1 и табл. 3). При дальнейшем росте C_{H_2O} до 15,0 %, несмотря на снижение содержания в эмульсии горючих компонентов (С, Н), коэффициент избытка воздуха α изменяется незначительно. Это вызвано снижением температуры ОГ при росте C_{H_2O}, падением эффективности системы газотурбинного наддува и уменьшением подачи воздуха в цилиндры двигателя.

Пониженное содержание горючих компонентов в исследуемых эмульсиях (их пониженная теплотворная способность) при питании дизеля этими ВТЭ приводило к увеличению удельного эффективного расхода топлива g_e (см. рис. 1 и табл. 3). Однако при этом эффективность процесса сгорания, характеризуемая эффективным КПД η_e, на большинстве режимов даже повышалась: на режиме максимального крутящего момента при n =1500 мин$^{-1}$ переход с ДТ на эмульсии с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % привел к росту значения η_e с 0,386 до 0,402, а на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ эффективный КПД η_e сначала повысился с 0,332 до 0,342, а затем снизился до 0,327 (см. рис. 1 и табл. 3).

Использование эмульгированных топлив позволило заметно снизить дымность ОГ. Так, при

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Æ 2015 *. 10:13:56

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 2

Физико-химические свойства нефтяного ДТ, воды и эмульгированных топлив

Физико-химические свойства	Топлива, вода			
	ДТ	Вода	92,5 % ДТ + 7,5 % воды	85,0 % ДТ + 15,0 % воды
Молярная масса, кг/кмоль	170	18	–	147,2
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830,0	998,2	842,6	855,2
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм^2/с (сСт)	3,8	1,0	–	4,4
Вязкость динамическая при 20 °С, мПа·с (сПз)	3,154	1,002	–	3,798
Коэффициент поверхностного натяжения σ при 20 °С, мН/м	27,1	72,7	–	–
Теплота сгорания низшая, МДж/кг	42,5	–	39,3	36,1
Цетановое число	45	–	–	–
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,30	–	11,51	10,89
Содержание, % по массе:				
С	87,0		80,5	74,0
Н	12,6		11,6	10,7
О	0,4		0,4	0,3
H_2O	0	100	7,5	15,0
Общее содержание серы, % по массе	0,200	0	0,185	0,170

Примечание: "–" – свойства не определялись или не приведены; для смеси ДТ и воды указано объемное процентное содержание компонентов.

переходе от ДТ на эмульсию с содержанием воды C_{H_2O} = 15,0 % на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ дымность ОГ K_X уменьшилась 28 и 18 % по шкале Хартриджа, а на режиме максимальной мощности при n = = 2400 мин$^{-1}$ – с 16 до 8,5 % по шкале Хартриджа (см. рис. 1 и табл. 3).

Оценка показателей двигателя при его работе на режимах с различной нагрузкой проведена по экспериментальным данным, полученным при работе дизеля на режимах 13-режимного испытательного цикла (рис. 2). Такие данные по часовому расходу топлива $G_т$ (рис. 2, *а*) свидетельствуют о том, что на большинстве исследуемых режимов при использовании эмульгированных топлив часовой расход топлива несколько возрастает. Это объясняется большей плотностью воды (ρ = = 998,2 кг/м^3, у ДТ – ρ = 830 кг/м^3, см. табл. 2) и, следовательно, большей плотностью исследуемых ВТЭ. В топливных системах дизелей реализуется объемное дозирование топлива, и массы равных объемов эмульгированных топлив оказываются большими, чем масса такого же объема ДТ. Некоторое уменьшение часового расхода топлива $G_т$ на режимах с пониженной частотой вращения и малой нагрузкой (например, на режимах с n = = 1500 мин$^{-1}$ и M_e = 40–100 Нм) объясняется повышенными утечками ВТЭ, вызванными их меньшей вязкостью, и снижением объемных подач этих топлив.

Тип применяемого топлива оказывает определяющее влияние на токсичность ОГ двигателя, т.е. выбросы нормируемых токсичных компонентов ОГ – оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, несгоревших углеводородов CH_x, а также эмиссию твердых частиц или выбросы сажи (углерода С). Как отмечено выше, подача эмульгированных топлив в КС дизеля является эффективным средством снижения выбросов с ОГ оксидов азота. Представленные на рис. 2, *б* характеристики концентрации в ОГ оксидов азота C_{NO_x} подтверждают возможность значительного снижения эмиссии этого токсичного компонента ОГ за счет подачи воды в КС дизеля. В частности, на режиме максимального

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:56

Color profile: Disabled
Composite Default screen

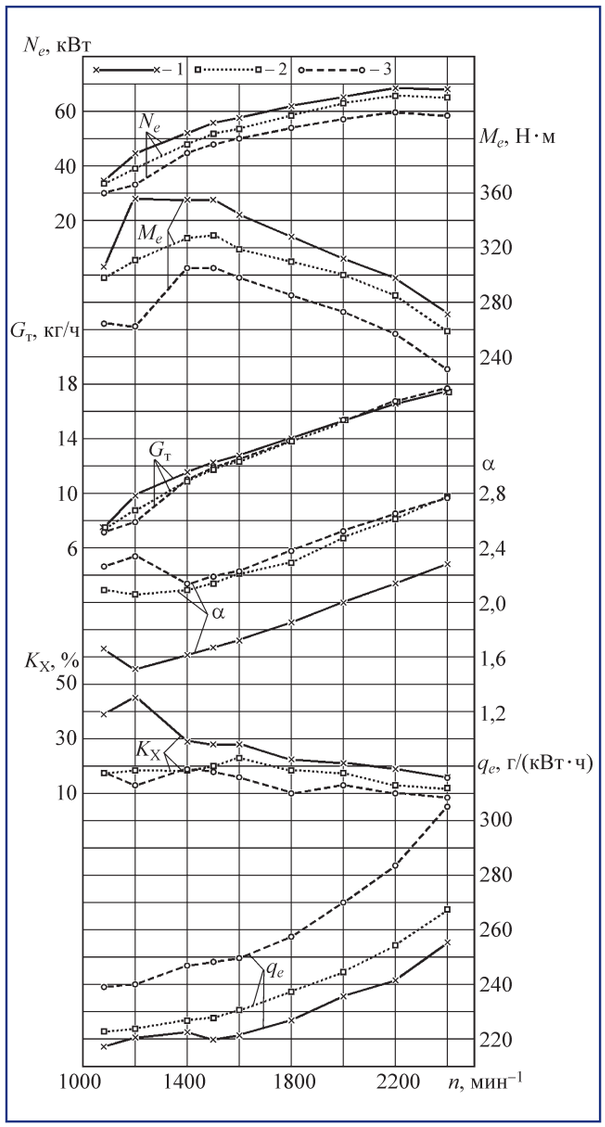

Рис. 1. *Зависимость эффективной мощности N_e, крутящего момента M_e, расхода топлива $G_т$, коэффициента избытка воздуха α, дымности ОГ и удельного эффективного расхода K_X топлива g_e от частоты вращения n дизеля типа Д-245.12С на режимах ВСХ:*
1 – ДТ; *2* – эмульсия 92,5 % ДТ и 7,5 % воды;
3 – эмульсия 85,0 % ДТ и 15,0 % воды

крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ переход с ДТ на эмульсии с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % привел к уменьшению концентрации C_{NO_x} с 0,0750 до 0,0650 и до 0,0550 %, а на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ – с 0,0495 до 0,0460 и до 0,0360 %.

Тип применяемого топлива оказывает заметное влияние и на эмиссию с ОГ продуктов неполного сгорания топлива – монооксида углерода CO и несгоревших углеводородов CH_x. Из представленных на рис. 2, *в* данных следует, что на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ переход с ДТ на эмульсии с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % сопровождался снижением концентрации монооксида углерода в ОГО C_{CO} с 0,0420 до 0,0270 и до 0,0240 %. На режиме максимальной мощности при n =2400 мин$^{-1}$ при замене ДТ на эмульсии с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % эмиссия монооксида углерода сначала снизилась с 0,0270 до 0,0210 %, а затем возросла до 0,0240 %. Влияние типа топлива на концентрацию несгоревших углеводородов в ОГ C_{CH_x} неоднозначно (рис. 2, *г*). В частности, на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$ переход с ДТ на эмульсии с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % привел к изменению концентрации C_{CH_x} от 0,0340 до 0,0570 и до 0,0325 %, а на режиме максимальной мощности при n = = 2400 мин$^{-1}$ – от 0,0320 до 0,0540 и до 0,0432 %.

Сводные характеристики основных показателей дизеля типа Д-245.12С, работающего на режимах ВСХ на водотопливных эмульсиях с различным содержанием воды C_{H_2O} (от 0 до 15 %), представлены на рис. 3. По данным рис. 3, *а* следует отметить слабую зависимость часового расхода топлива $G_т$ от содержания воды в эмульгированном топливе C_{H_2O}, заметное снижение крутящего момента M_e при росте C_{H_2O} от 0 до 15 % и повышение коэффициента избытка воздуха α с увеличением C_{H_2O}. При указанном росте содержания воды в ВТЭ заметно увеличивается удельный эффективный расход топлива g_e. Однако при этом эффектив-

Таблица 3

Характеристики дизеля типа Д-245.12С, работающего на нефтяном ДТ и эмульгированных топливах

Показатели дизеля	Вид топлива		
	ДТ	92,5 % ДТ + 7,5 % воды	85 % ДТ + 15 % воды
Часовой расход топлива $G_т$, кг/ч:			
– на режиме максимальной мощности	17,42	17,42	17,70
– на режиме максимального крутящего момента	12,25	11,78	11,90

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:57

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Окончание табл. 3

Показатели дизеля	Вид топлива		
	ДТ	92,5 % ДТ + 7,5 % воды	85 % ДТ + 15 % воды
Крутящий момент M_e, Нм:			
– на режиме максимальной мощности	271	259	231
– на режиме максимального крутящего момента	355	329	305
Дымность ОГ K_X, % по шкале Хартриджа:			
– на режиме максимальной мощности	16,0	12,0	8,5
– на режиме максимального крутящего момента	28,0	20,0	18,0
Удельный эффективный расход топлива g_e, г/(кВт·ч):			
– на режиме максимальной мощности	255,5	267,5	305,1
– на режиме максимального крутящего момента	219,7	227,7	248,3
Эффективный КПД дизеля η_e:			
– на режиме максимальной мощности	0,332	0,342	0,327
– на режиме максимального крутящего момента	0,386	0,402	0,402
Условные (средние) показатели топливной экономичности дизеля на режимах 13-режимного цикла:			
– эффективный расход топлива $g_{e\,усл}$, г/(кВт·ч)	248,12	254,63	275,93
– эффективный КПД $\eta_{e\,усл}$	0,341	0,360	0,361
Интегральные удельные выбросы токсичных компонентов на режимах 13-режимного цикла, г/(кВт·ч):			
– оксиды азота e_{NO_x}	6,610	5,916	4,849
– монооксид углерода, e_{CO}	3,612	2,905	4,648
– несгоревшие углеводороды, e_{CH_x}	1,638	2,730	2,522

ность процесса сгорания, характеризуемая эффективным КПД дизеля η_e, на большинстве исследованных режимов не снизилась (рис. 3, *б*). Переход на ВТЭ позволил заметно снизить выброс сажи. Так, дымность ОГ K_X на режимах ВСХ уменьшилась в целом на 35–50 % (см. также табл. 3).

Оценка эксплуатационного расхода топлива на режимах 13-режимного цикла проведена по среднему (условному) удельному эффективному расходу топлива $g_{e\,усл}$ и соответствующий условный эффективный КПД $\eta_{e\,усл}$, определяемые из выражений, приведенных в работах [1, 3]. Результаты проведенных расчетов представлены в табл. 3.

Данные табл. 3 и рис. 4 подтверждают возможность заметного снижения эмиссии оксидов азота с ОГ дизеля Д-245.12С при его переводе с ДТ на эмульгированные топлива. Так, при работе на режимах 13-режимного цикла и переходе с ДТ на эмульсии с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % удельный массовый выброс оксидов азота e_{NO_x} уменьшился с 6,610 до 5,916 и до 4,849 г/(кВт·ч), т.е. в целом на 26,6 %. При этом эффективный КПД дизеля η_e повысился с 0,341 до 0,360 и до 0,361, т.е. в целом на 5,9 %. Более сложная зависимость от содержания воды в эмульгированных топливах характерна для выбросов монооксида углерода e_{CO} и несгоревших углеводородов e_{CH_x}. При переходе с ДТ на эмульгированные топлива с содержанием воды C_{H_2O} 7,5 и 15,0 % интегральный на режимах 13-режимного цикла удельный массовый выброс монооксида углерода e_{CO} сначала уменьшился с 3,612 до 2,905 г/(кВт·ч), а затем возрос до 4,648 г/(кВт·ч). При этом выброс несгоревших углеводородов e_{CH_x} сначала возрос с 1,638 до 2,730 г/(кВт·ч), а затем снизился до 2,522 г/(кВт·ч).

Рост эффективности процесса сгорания (эффективный КПД η_e) и снижение дымности ОГ K_X при работе на эмульгированных топливах объясняется улучшением качества процесса смесеобразо-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:57

Color profile: Disabled
Composite Default screen

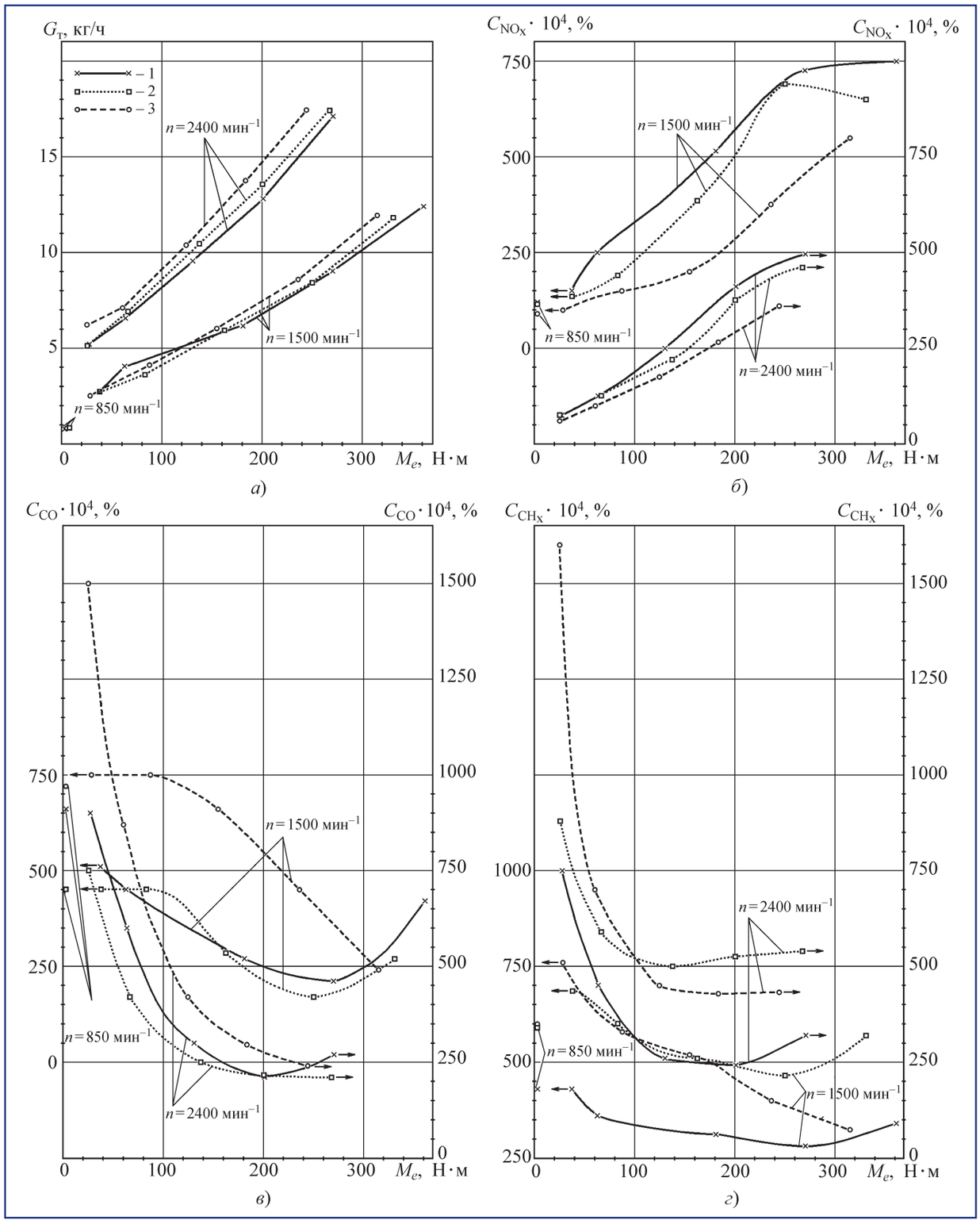

Рис. 2. *Зависимость часового расхода топлива G_m (а), объемных концентраций в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (б), монооксида углерода C_{CO} (в) и несгоревших углеводородов*

вания за счет возникновения так называемых "микровзрывов" (взрывоподобного испарения воды из капель эмульгированного топлива), наблюдающихся при повышенных температурах в КС дизеля и вызванных повышенной теплотой парообразования воды ($Q_п$ = 2260 кДж/кг при t =

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:58

Color profile: Disabled
Composite Default screen

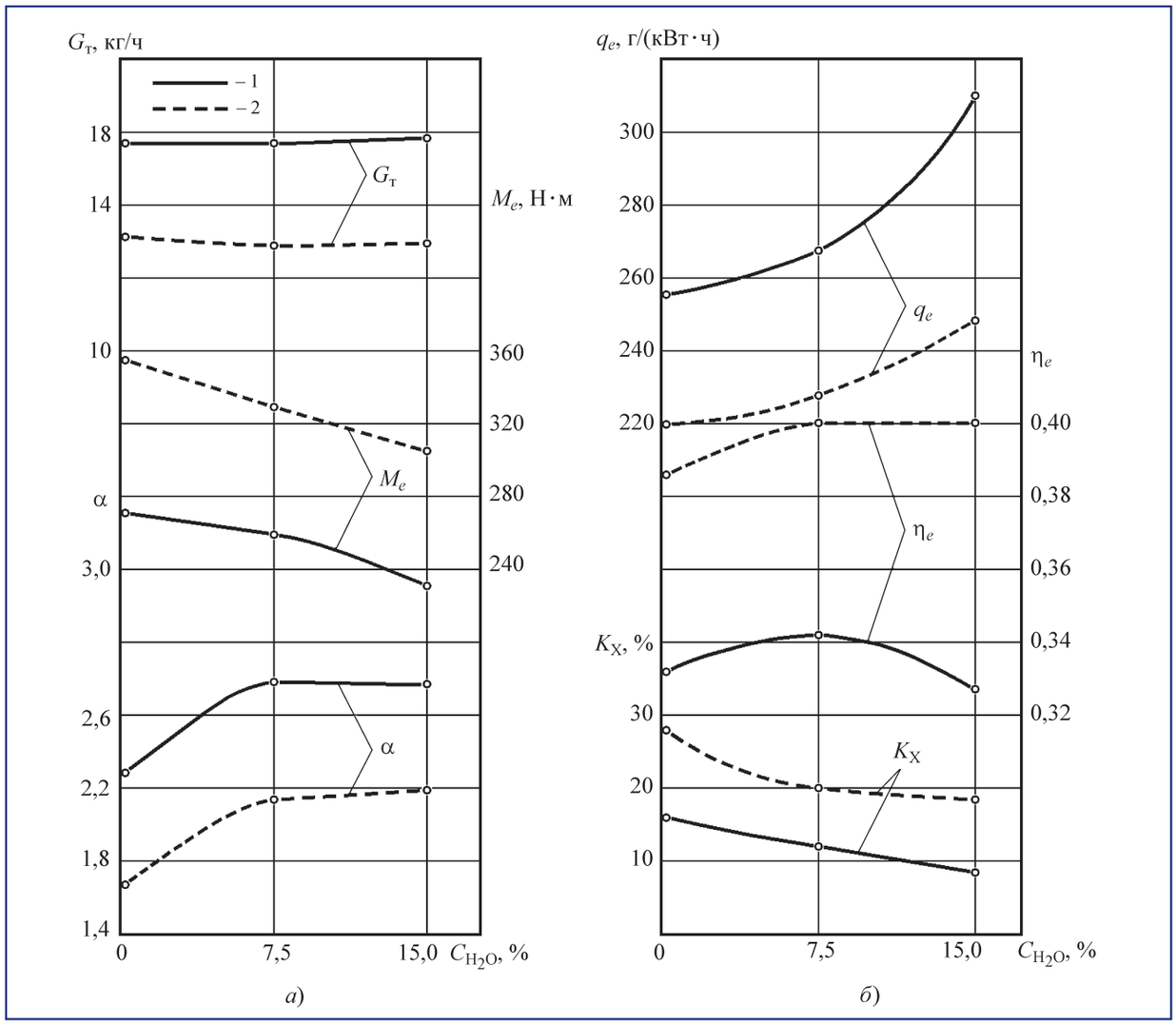

Рис. 3. *Зависимость часового расхода топлива G_m дизеля типа Д-245.12С, крутящего момента M_e и коэффициента избытка воздуха α (а), удельного эффективного расхода топлива g_e, эффективного КПД двигателя η_e и дымности ОГ K_X (б) от содержания воды C_{H_2O} в эмульгированном топливе на режимах ВСХ:*
1 – на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$; *2* – на режиме максимального крутящего момента при n = 1500 мин$^{-1}$

= 100 °С; у дизельных топлив – $Q_п$ = = 220–300 кДж/кг).

Следует отметить, что при использовании эмульсий с большим содержанием воды могут возникнуть проблемы с организацией эффективного процесса сгорания. В частности, при испытаниях дизеля типа Д-245.12С на эмульсии, содержащей 70 % ДТ и 30 % воды, не удалось организовать запуск холодного двигателя. По-видимому, это объясняется тем, что температура конца сжатия была недостаточна для стабильного самовоспламенения указанной эмульсии (эта температура снижается за счет сравнительно большой теплоты парообразования эмульгированных топлив). По этой причине полный цикл испытаний дизеля на этой эмульсии не был закончен. Для организации работы двигателя на эмульсиях с большим содержанием воды необходима реализация мероприятий по повышению температурного уровня деталей КС и рабочей смеси. Это переход на работу с такой эмульсией на предварительно прогретом двигателе, поздняя подача топлива (работа с уменьшенным углом опережения впрыскивания топлива), увеличение давления наддувочного воздуха (без его охлаждения), рециркуляция части ОГ, теплоизоляция поверхностей деталей, образующих КС, и др.

Проведенный комплекс экспериментальных исследований подтвердил возможность и эффективность использования эмульгированных топлив в отечественных транспортных дизелях. При этом

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:59

Color profile: Disabled
Composite Default screen

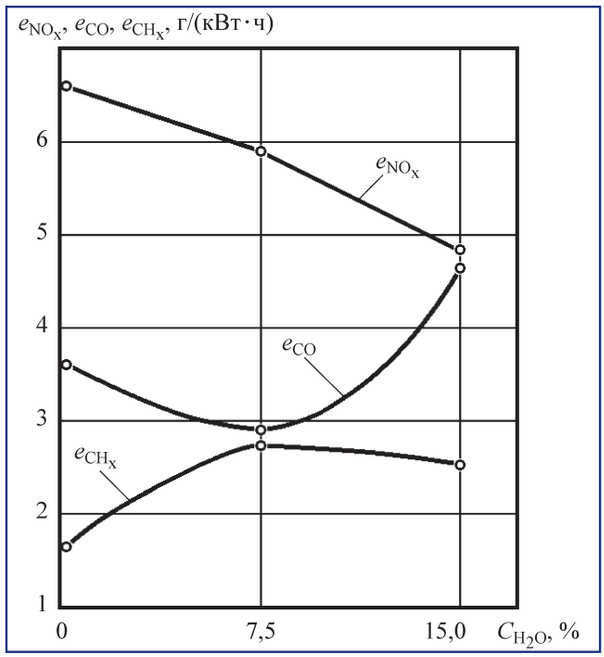

Рис. 4. *Зависимость удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NO_x} дизеля типа Д-245.12С, монооксида углерода e_{CO} и несгоревших углеводородов e_{CH_x} от содержания воды C_{H_2O} в эмульгированном топливе на режимах 13-режимного цикла*

отмечено существенное улучшение показателей токсичности ОГ. Однако противоречивое влияние состава рассматриваемых эмульгированных топлив на указанные показатели требует использования методов оптимизации состава ВТЭ. Анализ показал, что задача выбора оптимального состава эмульгированного топлива достаточно сложна и не имеет однозначного решения. Это обусловлено тем, что работа дизеля характеризуется целым комплексом показателей (критериев) топливной экономичности и токсичности ОГ. Требования к выбору оптимального по данным критериям состава топлива часто противоречат друг другу. В результате задача выбора оптимального состава эмульгированного топлива становится многокритериальной оптимизационной задачей [3].

Известны различные методики решения многокритериальных задач оптимизации, которые классифицируются в зависимости от числа оптимизируемых параметров, количества критериев оптимальности, особенностей их задания и определения степени их значимости. Наиболее известными методиками являются оптимизация иерархической последовательности частных критериев, определение решения, основанное на том или ином виде компромисса, определение множества неулучшаемых точек [22, 23, 24]. Разработаны и методики многокритериальной оптимизации различных параметров ДВС [3, 25, 26, 27, 28]. Применительно к задаче оптимизации состава эмульгированного топлива можно использовать методики, приведенные в работах [29, 30, 31]. Они основаны на одном из наиболее эффективных методов оптимизации – методе свертки, при котором обобщенный критерий оптимальности формируется в виде суммы частных критериев. В частности, в работе [29] предложена методика оптимизации состава смесевого топлива – смесей нефтяного дизельного топлива с рапсовым маслом, построенная на составлении обобщенного аддитивного критерия оптимальности в виде суммы

$$J_o = a_{\eta_e} J_{\eta_e} + a_{NO_x} J_{NO_x} + a_{CO} J_{CO} + a_{CH_x} J_{CH_x}, \quad (1)$$

где J_{η_e}, J_{NO_x}, J_{CO}, J_{CH_x} – частные критерии оптимальности соответственно по топливной экономичности (эффективному КПД η_e), выбросам NO_x, CO, CH_x; a_{η_e}, a_{NO_x}, a_{CO}, a_{CH_x} – весовые коэффициенты частных критериев оптимальности. Частные критерии оптимальности, входящие в выражение (1), предлагается определять на каждом *i*-м режиме из соотношений

$$J_{\eta_e} = \eta_{e\,дт} / \eta_{e\,i}; \; J_{NO_x} = e_{NO_{x\,i}} / e_{NO_{x\,дт}};$$

$$J_{CO} = e_{CO\,i} / e_{CO\,дт}; \; J_{CH_x} = e_{CH_{x\,i}} / e_{CH_{x\,дт}}, \quad (2)$$

где $\eta_{e\,i}$, $e_{NO_{x\,i}}$, $e_{CO\,i}$, $e_{CH_{x\,i}}$ – параметры дизеля, работающего на *i*-м топливе; $\eta_{e\,дт}$, $e_{NO_{x\,дт}}$, $e_{CO\,дт}$, $e_{CH_{x\,дт}}$ – параметры дизеля, работающего на нефтяном ДТ. При решении оптимизационной задачи с использованием формулы (1) обобщенный критерий оптимальности J_O минимизируется. При этом удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ $e_{NO_{x\,i}}$, $e_{CO\,i}$, $e_{CH_{x\,i}}$ (числители выражений для частных критериев J_{NO_x}, J_{CO}, J_{CH_x}) минимизируются, а эффективный КПД $\eta_{e\,i}$ (знаменатель выражения для частного критерия J_{η_e}) – максимизируется.

Наиболее сложной проблемой использования этой методики является выбор значений весовых коэффициентов частных критериев оптимальности, который не имеет однозначного решения. Еще один недостаток данной методики заключается в том, что не учитывается такой важный показатель работы дизеля, как дымность ОГ. Следует также отметить и трудоемкость использования этой методики, обусловленную необходимостью расчетов сразу четырех частных критериев и их суммы – обобщенного критерия. Причем, каждый из частных критериев формулы (1) вычисляется как результат суммирования данных по соответствующим показателям на тринадцати режимах (в пуб-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:59

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ликации [29] рассматривается работа дизеля на режимах 13-режимного цикла норм *ECE* R49). При оценке интегральной токсичности ОГ двигателя на режимах такого цикла на каждом режиме определяются концентрации в ОГ токсичных компонентов ($C_{NO_x}, C_{CO}, C_{CH_x}, C_{тч}$) и рассчитываются их часовые массовые выбросы ($E_{NO_x}, E_{CO}, E_{CH_x}, E_{тч}$). Полученные значения вредных выбросов суммируют за весь цикл по каждому компоненту (с учетом весовых коэффициентов K_i, отражающих долю времени каждого режима) и затем делением на условную среднюю мощность дизеля за испытательный цикл $\Sigma(N_{e\,i} \cdot K_i)$ определяют удельные выбросы вредных веществ по формулам [3]:

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

$$e_{CH_x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{CH_{x\,i}} \cdot K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{e\,i} \cdot K_i}, \quad e_{тч} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{тч\,i} \cdot K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{e\,i} \cdot K_i}. \qquad (3)$$

Таким образом, для определения каждого из частных критериев (3) необходимо определить и рассчитать соответствующие показатели дизеля ($N_{e\,i}$, $C_{NO_x}, C_{CO}, C_{CH_x}, C_{тч}, E_{NO_x}, E_{CO}, E_{CH_x}, E_{тч}, e_{NO_x}, e_{CO}$, e_{CH_x}, $e_{тч}$) на 13 исследуемых режимах работы дизеля.

С целью устранения указанных недостатков рассмотренной методики для оптимизации состава элульгированного топлива предлагается использовать следующую методику. Во-первых, желательно сократить число частных критериев оптимальности выражения (1). При этом выше отмечена сравнительно слабая зависимость эффективного КПД η_e дизеля типа Д-245.12С от состава ВТЭ (см. рис. 3, *б*). Следует также отметить, что в связи с поэтапным введением все более жестких норм на выбросы вредных веществ с ОГ дизелей транспортного и автотракторного назначения и необходимостью выполнения ограничений на токсичность их ОГ экологические показатели ДВС становятся приоритетными. Поэтому, реализация мероприятий по снижению токсичных выбросов зачастую сопровождается ухудшением показателей топливной экономичности. Примерами реализации таких мероприятий являются уменьшение УОВТ (позднее впрыскивание) и организация рециркуляции ОГ с целью снижения выброса оксидов азота, которые часто сопровождаются увеличением расхода топлива [3]. При оптимизации состава ВТЭ указанные факторы позволяют не учитывать частный критерий, характеризующий топливную экономичность дизеля. Во-вторых, известно, что из нормируемых токсичных компонентов ОГ дизелей наиболее значимыми являются оксиды азота NO_x. Их доля в суммарных токсичных выбросах дизелей составляет от 30 до 80 % по массе и от 60 до 95 % по эквивалентной токсичности [3, 32]. Другим важнейшим токсичным компонентом ОГ дизелей считаются твердые частицы (выброс сажи или дымность ОГ). Высокая потенциальная опасность этих частиц обусловлена их способностью аккумулировать на своей поверхности многие известные канцерогены и мутагены, а также незначительными размерами частиц, позволяющими им проникать в органы дыхания человека и накапливаться в них [33]. Еще два нормируемых токсичных компонента – монооксид углерода CO и несгоревшие углеводороды CH_x имеют значительно меньшую токсикологическую значимость. Так, в соответствии с данными работ [3, 34] токсикологическая значимость CO, NO_x, CH_x , твердых частиц и оксидов серы SO_x оценивается как отношение 1:41,1:3,16:200:22. Кроме того, выброс CO и CH_x значительно снижается при использовании средств очистки ОГ (установкой нейтрализаторов) [2, 3, 32].

При формировании обобщенного критерия оптимальности указанные факторы позволяют использовать всего два основных частных критерия – эмиссию оксидов азота и твердых частиц (или дымность ОГ). Причем, концентрации в ОГ дизелей этих токсичных компонентов C_{NO_x} и $C_{тч}$ находятся в противоречивой зависимости (увеличение одного показателя, как правило, сопровождается уменьшением другого) [1, 3].

Необходимо отметить, что определение концентрации в ОГ дизелей твердых частиц $C_{тч}$ является достаточно сложной и трудоемкой технической задачей. При этом используется дорогостоящее оборудование (тоннель), которое имеется лишь в нескольких исследовательских центрах России. Значительно проще и доступнее определение дымности ОГ с использованием недорогих и распространенных дымомеров. При этом известно, что на режимах работы дизеля с низкими коэффициентами избытка воздуха (α < 1,2–1,3) сажа составляет большую часть массы твердых частиц (до 95–98 %). В целом фракционный состав твердых частиц таков: углеродная фракция (среднее содержание – 75 %, диапазон значений – 33–90 %), органическая фракция (19 %, 7–49 %), сульфаты, нитраты (1 %, 1–4 %), металлы и другие элементы (2 %, 1–5 %), прочее (3 %, 1–10 %) [35]. Это позволяет использовать зависимости, практически од-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:13:59

Color profile: Disabled
Composite Default screen

нозначно (с высоким коэффициентом корреляции) связывающие эмиссию твердых частиц и дымность ОГ [33]. В связи с этим, в предлагаемой методике оптимизации состава эмульгированного топлива в качестве двух основных частных критериев оптимизации приняты концентрации в ОГ оксидов азота и сажи (дымность ОГ).

Для определения эксплуатационных режимов, которые целесообразно учитывать при оптимизации состава ВТЭ, рассмотрим некоторые испытательные циклы, используемые при оценке токсичности ОГ дизелей и в той или иной мере отражающие реальные распределения режимов их работы. При этом двигатели грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и сельскохозяйственной техники испытывают на установившихся режимах (рис. 5) [1, 3]. В Германии разработан пятирежимный испытательный цикл применительно к двигателям сельскохозяйственной техники (рис. 5, *а*). Основным режимом этого цикла (31 % времени работы) является режим с номинальной частотой вращения и высокой нагрузкой (около 85 % от полной нагрузки). Исследуется и режим холостого хода при частоте вращения $n = 0{,}4\ n_{ном}$ (12 % времени работы). Этот цикл не узаконен, но в ряде случаев он используется для оценки токсичности ОГ дизелей сельскохозяйственных тракторов.

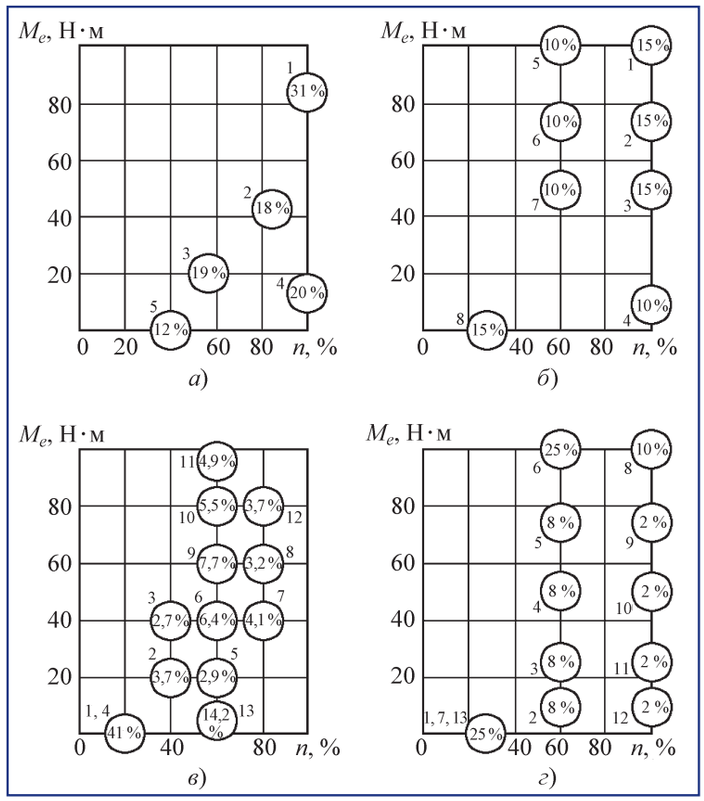

Рис. 5. *Стационарные циклы, используемые для оценки токсичности ОГ двигателей в стендовых условиях, для дизелей грузовых автомобилей средней и большой грузоподъемности, автобусов и сельскохозяйственной техники:*

а – пятирежимный цикл для дизелей сельскохозяйственных тракторов (Германия); *б* – восьмирежимный цикл для двигателей внедорожников (нормы ICO 8178 C1); *в* – 13-режимный цикл для тяжелых грузовиков (Япония); *г* – европейский 13-режимный цикл (нормы ECE R49)

Для испытаний дизелей внедорожных автомобилей обычно реализуется восьмирежимный цикл (рис. 5, *б*). Он используется при оценке соответствия показателей токсичности ОГ этих дизелей нормам ISO 8178 C1 (Германия). Этот цикл наряду с режимом холостого хода при $n = 0{,}3\ n_{ном}$ (15 % времени работы) включает семь нагрузочных режимов при двух частотах вращения коленчатого вала – $n_{ном}$ и $n = 0{,}6\ n_{ном}$. Причем, доля номинального режима составляет 15 % от общего времени работы двигателя, доля режима максимального крутящего момента – 10 % и доля режима холостого хода – 15 %.

В Японии для исследования дизелей большой мощности грузовых автомобилей общей массой свыше 2,5 т реализуется 13-режимный испытательный цикл (D13 Mode Test), показанный на рис. 5, *в*. Основными режимами этого цикла являются два режима холостого хода при частоте вращения коленчатого вала $n = 0{,}3\ n_{ном}$ (всего 41 % времени работы). Остальные одиннадцать режимов цикла соответствуют нагрузочным режимам при трех частотах вращения – $n = 0{,}4$; 0,6 и 0,8 $n_{ном}$.

В Европе дизели грузовых автомобилей грузоподъемностью более 3,5 т (для автобусов с числом посадочных мест свыше 9) до 2000 г. испытывались в стендовых условиях на установившихся режимах, соответствующих режимам 13-режимного цикла *ECE* R49 (рис. 5, *г*). Этот испытательный цикл включает 13 установившихся режимов: три режима холостого хода с минимальной частотой вращения $n = 0{,}25–0{,}3\ n_{ном}$ (всего 25 % времени работы), пять нагрузочных режимов (10, 25, 50, 75, 100 % нагрузки) при номинальной частоте вращения $n_{ном}$ и пять нагрузочных режимов (10, 25, 50, 75, 100 % нагрузки) при частоте вращения $n_{Mmax} = 0{,}6–0{,}7\ n_{ном}$, соответствующей максимальному крутящему моменту двигателя. Доля номинального режима составляет 10 % от общего времени работы двигателя, а доля режима максимального крутящего момента –

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:00

Color profile: Disabled
Composite Default screen

25 %. Здесь необходимо также отметить некоторую схематичность отображения распределения режимов работы дизеля в условиях реальной эксплуатации транспортного средства в рассмотренных испытательных циклах (в частности, в 13-режимном цикле ECE R49) [1, 3].

В соответствии с ГОСТ 17.2.2.01-84 – "Дымность отработавших газов дизелей" и Правилами ЕЭК R 24-02 ООН дымность ОГ определяется только на режимах внешней скоростной характеристики [1, 3]. При этом наиболее важными режимами также являются режим максимальной мощности (номинальный режим) и режим максимального крутящего момента. В рассмотренных испытательных циклах (рис. 5) режим холостого хода при минимальной частоте вращения имеет существенную значимость (доля этого режима составляет от 12 до 41 % от общего времени работы). Но поскольку расход ОГ на этом режиме значительно меньше, чем на номинальном режиме и режиме максимального крутящего момента, то и массовый выброс токсичных компонентов ОГ сравнительно невелик. Кроме того, дымность ОГ на этом режиме незначительна и не нормируется стандартами на токсичность ОГ.

С учетом изложенных факторов для решения задачи оптимизации состава эмульгированного топлива для дизеля типа Д-245.12С предлагается использовать метод свертки, при котором частные критерии оптимальности сводятся к обобщенному критерию $J_{\text{о}}$, определяемому в виде суммы основных частных критериев, характеризующих концентрацию в ОГ оксидов азота J_{NO_x} и дымность ОГ по шкале Хартриджа $J_{K_{\text{X}}}$, в соответствии с выражением

$$J_{\text{о}} = J_{\text{NO}_x} + J_{K_{\text{X}}}. \qquad (4)$$

Проведенный выше анализ показал, что при оптимизации состава эмульгированного топлива в первую очередь целесообразно учитывать принятые основные показатели токсичности ОГ на двух основных режимах – максимальной мощности $N_{\max}$ и максимального крутящего момента $M_{\max}$. Тогда выражение (4) принимает вид

$$J_{\text{о}} = J_{\text{NO}_x} N_{\max} M_{\max} + J_{K_{\text{X}}} N_{\max} + J_{K_{\text{X}}} M_{\max}, \qquad (5)$$

где $J_{\text{NO}_x} N_{\max}$, $J_{K_{\text{X}}} N_{\max}$, $J_{\text{NO}_x} M_{\max}$ – частные критерии оптимальности (концентрация в ОГ оксидов азота и дымность ОГ по шкале Хартриджа) на указанных режимах.

Поскольку в предлагаемой методике в качестве частных критериев оптимальности выражения (5) использованы концентрация в ОГ оксидов азота C_{NO_x} и дымность ОГ по шкале Хартриджа K_{X}, имеющие различную размерность, целесообразно их использование в относительных величинах в следующем виде:

$$J_{\text{NO}_x} N_{\max} = C_{\text{NO}_x} N_{\max i} / C_{\text{NO}_x} N_{\max\,\text{дт}};$$

$$J_{\text{NO}_x} M_{\max} = C_{\text{NO}_x} M_{\max i} / C_{\text{NO}_x} M_{\max\,\text{дт}}; \qquad (6)$$

$$J_{K_{\text{X}}} N_{\max} = K_{\text{X}} N_{\max i} / K_{\text{X}} N_{\max\,\text{дт}};$$

$$J_{K_{\text{X}}} M_{\max} = K_{\text{X}} M_{\max i} / K_{\text{X}} M_{\max\,\text{дт}}, \qquad (6)$$

где параметры с индексом "дт" соответствуют работе на нефтяном ДТ, а параметры с индексом "i" – работе на эмульгированном топливе i-го состава.

Обобщенный критерий оптимальности (5) также удобно использовать в относительном виде:

$$\bar{J}_{\text{о}} = J_{\text{о}\,i} / J_{\text{о дт}}. \qquad (7)$$

Таким образом, предложенная методика оптимизации состава эмульгированного топлива предполагает формирование обобщенного аддитивного критерия оптимальности в виде (5) или (7). Минимум этого обобщенного критерия (целевой функции) соответствует оптимальному составу ВТЭ. При этом частные критерии оптимизации, характеризующие концентрацию в ОГ оксидов азота J_{NO_x} и дымность ОГ по шкале Хартриджа $J_{K_{\text{X}}}$ на двух основных режимах – максимальной мощности $N_{\max}$ и максимального крутящего момента $M_{\max}$, определяются по выражениям (6). Эта методика не предполагает ранжирования (определения значимости) этих частных критериев оптимальности путем задания соответствующих весовых коэффициентов, как это принято в выражении (1). Кроме того, эта методика отличается от методики (1) существенно меньшим объемом вычислений.

Предложенная методика использована для оптимизации состава ВТЭ для дизеля типа Д-245.12С. При этом использованы экспериментальные данные, представленные выше. Результаты вычислений частных критериев оптимальности по выражениям (6) и обобщенного критерия оптимальности (целевой функции) по формулам (5) и (7) приведены в табл. 4.

Полученные результаты оптимизации свидетельствуют о том, что для дизеля типа Д-245.12С, работающего на эмульгированных топливах, оптимальное в соответствии с выражениями (5) и (7) содержание воды в ВТЭ равно $C_{\text{H}_2\text{O}} = 15$ %. При таком составе топлива достигается минимум обобщенного критерия оптимальности (целевой функции) $\bar{J}_{\text{о}} = 0{,}659$ (при работе на нефтяном ДТ он равен единице, см. табл. 4). В этом случае обеспечи-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:00

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 4

Оптимизация состава эмульгированного топлива для дизеля типа Д-245.12С

Вид топлива	Показатели дизеля									
	$C_{NO_x}N_{max}$, ppm	$J_{NO_x}N_{max}$	$C_{NO_x}M_{max}$, ppm	$J_{NO_x}M_{max}$	$K_X N_{max}$, %	$J_{K_X}N_{max}$	$K_X M_{max}$, %	$J_{K_X}M_{max}$, %	J_o	$\bar{J}_o$
ДТ	495	1,000	750	1,000	16,0	1,000	28,0	1,000	4,000	1,000
92,5 % ДТ+7,5 % воды	460	0,929	650	0,867	12,0	0,750	20,0	0,714	3,260	0,815
85 % ДТ+15 % воды	360	0,727	550	0,733	8,5	0,531	18,0	0,643	2,634	0,659

ваются и минимальный выброс оксидов азота на режимах 13-режимного цикла e_{NO_x} = = 4,849, г/(кВт·ч), и минимальная дымность ОГ K_X (8,5 и 18 % по шкале Хартриджа, соответственно на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента, см. табл. 3). При таком составе эмульгированного топлива отмечен и максимальный условный (средний) на режимах 13-режимного цикла эффективный КПД $\eta_{e\ усл}$ = 0,361 (при работе на нефтяном ДТ $\eta_{e\ усл}$ = 0,341, см. табл. 3).

Необходимо отметить, что по мере увеличения состава воды в смеси с нефтяным ДТ обобщенный критерий оптимальности $\bar{J}_o$ монотонно уменьшается, но его снижение происходит наиболее интенсивно при небольшом содержании воды в эмульгированном топливе (рис. 6). Это свидетельствует о том, что даже небольшая добавка воды в нефтяное ДТ значительно улучшает показатели токсичности ОГ исследуемого дизеля.

Следует также отметить, что разработанная методика оптимизации может быть применена для оценки показателей токсичности дизелей, работающих и на других смесевых топливах. В частности, для смеси 80 % нефтяного ДТ и 20 % метилового эфира рапсового масла (эти два компонента хорошо смешиваются и образуют стабильные смеси) обобщенный критерий оптимальности, рассчитанный по формуле (7) с использованием экспериментальных данных работы [2] по дизелю типа Д-245.12С, оказался равным $\bar{J}_o$ = 0,785, что несколько больше соответствующего значения, полученного для эмульгированного топлива с 15%-ным содержанием воды $\bar{J}_o$ = 0,659. Это свидетельствует о том, что такое эмульгированное топливо более экологично, по сравнению со смесью 80 % нефтяного ДТ и 20 % МЭРМ.

В целом, проведенные расчетно-экспериментальные исследования подтвердили эффективность использования предложенной методики оптимизации состава эмульгированного топлива, ее информативность при оценке экологических качеств различных топлив и сравнительно небольшой объем расчетных исследований.

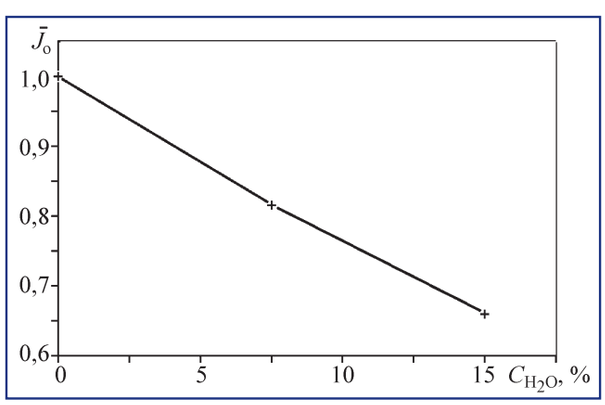

Рис. 6. *Зависимость обобщенного критерия оптимальности $\bar{J}_o$ от содержания воды в эмульгированном топливе C_{H_2O}*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **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.

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

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

4. **Герасимов А.Т., Травкин Ю.В.** Применение водотопливной эмульсии для снижения токсичности дизельного двигателя // Известия вузов. Лесной журнал. 1992. № 2. С. 63–67.

5. **Опыт** снижения токсичности отработавших газов дизелей за счет подачи воды / А.К. Болотов, В.А. Лиханов, В.М. Попов и др. // Двигателестроение. 1982. № 7. С. 48–50.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Æ 2015 *. 10:14:01

Color profile: Disabled
Composite Default screen

6. **Снижение** выбросов оксидов азота тракторных дизелей путем организации рабочего процесса на водотопливной смеси / А.В. Николаенко, В.С. Шкрабак, Т.Ю. Салова и др. // Двигателестроение. 2000. № 1. С. 35–37.

7. **Afify E.M., Korah N.S., Dickey D.W.** The Effect of Air Charge Temperature on Performance, Ignition Delay and Exhaust Emissions of Diesel Engines Using W/O Emulsions as Fuel // SAE Technical Paper Series. 1987. № 870555. P. 1–13.

8. **Воржев Ю.И.** Применение водотопливных эмульсий в судовых дизелях // Двигателестроение. 1986. № 12. С. 30–33, 35.

9. **Лебедев О.Н., Сомов В.А., Сисин В.Д.** Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. Л.: Судостроение, 1988. 105 с.

10. **Long Z., Matsumoto R., Ogata K. et al.** Combustion of Emulsion Fuel in High Speed Diesel Engines // Bulletin of Marine Engineering Society in Japan. 1989. Vol. 17. № 1. P. 12–18.

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

12. **Терещенко К.И., Воржев Ю.И.** Применение водотопливных эмульсий на транспортных дизелях // "Совершенствование системы ремонта и технического обслуживания тепловозов": Сб. трудов ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1995. С. 162–173.

13. **Mollenhauer K., Zelenka P.** Zur Verbrennung von Wasser-Kraftstoff-Emulsionen in stationar betriebennen Dieselmotoren // MTZ. 1986. Jg. 47. № 1. S. 3–7.

14. **Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н.** Исследование работы дизеля КАМАЗ-740 при использовании водотопливной эмульсии // Вестник РУДН. Инженерные исследования. 2004. № 2. С. 16–19.

15. **Малов Р.В., Пекшев В.В.** Эмульгирование топлива и экологические характеристики дизеля // Автомобильная промышленность. 1992. № 8. С. 15–18.

16. **Худов Н.И., Желудков Д.Н., Друцкий О.Е.** Теплонапряженность судового малооборотного дизеля при использовании водотопливной эмульсии // Двигателестроение. 1986. № 1. С. 47–48.

17. **Шепельский Ю.Л.** Основные задачи применения эмульгированных вязких топлив и методы их решения // Известия вузов. Машиностроение. 1989. № 9. С. 58–62.

18. **Strey R., Simon C.** Russ- und NO_x- Reduktion dank Dieselkraftstoff-Wasser-Mikroemulsion // MTZ. 2005. Jg. 66. № 6. S. 485.

19. **Лерман Е.Ю., Гладков О.А.** Высококонцентрированные водотопливные эмульсии – эффективное средство улучшения экологических показателей легких быстроходных дизелей // Двигателестроение. 1986. № 10. С. 35–37.

20. **Марков В.А., Тарантин С.А., Девянин С.Н.** Использование водотопливных эмульсий в качестве топлива для дизелей // Грузовик. 2012. № 8. С. 33–42.

21. **Марков В.А., Девянин С.Н., Шумовский В.А. и др.** Работа дизелей на водотопливных эмульсиях // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 3. С. 67–71.

22. **Банди Б.** Методы оптимизации. Вводный курс. М.: Радио и связь, 1988. 127 с.

23. **Растригин Л.А.** Системы экстремального управления. М.: Наука, 1974. 632 с.

24. **Чураков Е.П.** Оптимальные и адаптивные системы. М.: Энергоатомиздат, 1987. 256 с.

25. **Гусаков С.В., Патрахальцев Н.Н.** Выбор программы регулирования угла опережения впрыска, оптимизированной по экономичности и токсичности отработавших газов / Исследование двигателей и машин: Сб. М.: Изд-во Университета дружбы народов им. П. Лумумбы, 1980. С. 18–21.

26. **Крутов В.И., Шаров Г.И.** Управление турбопоршневыми двигателями по парето-оптимальным функциям // Двигателестроение. 1989. № 9. С. 19–21.

27. **Кузнецов А.Г.** Анализ критериев экономичности и токсичности работы транспортных двигателей // Двигателестроение. 1996. № 2. С. 67–68.

28. **Парсаданов И.В.** Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе комплексного топливно-экологического критерия. Харьков: Изд-во ХПИ, 2003. 244 с.

29. **Определение** оптимального состава смесевых биотоплив / В.А. Марков, В.В. Маркова, В.М. Сивачев и др. // Автомобильная промышленность. 2015. № 2. С. 5–9.

30. **Оптимизация** состава смесевого биотоплива для транспортного дизеля / Н.А. Иващенко, В.А. Марков, А.А. Зенин и др. // Безопасность в техносфере. 2007. № 5. С. 22–25.

31. **Фомин В.М., Атраш Р.** Совершенствование показателей работы тракторного дизеля на смесевом биодизельном топливе // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 5. С. 5–10.

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

33. **Оценка** и контроль выбросов диперсных частиц с отработашими газами дизелей / В.А. Звонов, Г.С. Корнилов, А.В. Козлов и др. М.: Изд-во "Прима–Пресс-М", 2005. 312 с.

34. **Кутенев В.Ф., Звонов В.А., Черных В.И. и др.** Экологические аспекты применения моторных топлив на транспорте / "Автомобильные и тракторные двигатели": Межвуз. сб. М.: Изд-во ТУ "МАМИ", 1998. Вып. 14. С. 150–160.

35. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В. и др.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Уч. пос. для вузов. М.: Изд-во "Легион–Автодата", 2008. 464 с.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:01

Color profile: Disabled
Composite Default screen

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГРУЗОВОЙ АВТОСАЛОН "КОМТРАНС-2015"

А.С. Суворов, спецкорр журнала "АГЗК+АТ"

В этом году выставка пришлась на очень тяжелый для автотранспортной отрасли период. Во всем мире падает производство, падают продажи грузовиков и тяжелой техники вообще. И не на проценты, а в разы. Из-за политической ситуации многие крупные компании отказались от приезда в Москву. Достаточно назвать Volkswagen, DAF и американских производителей. Тем не менее, выставка в целом удалась, и кое-что интересное удалось увидеть. Начнем с отечественных гигантов.

ГРУППА ГАЗ

"Группа ГАЗ" показала сразу несколько новинок модельного ряда поколения NEXT: легкие коммерческие и среднетоннажные автомобили, автобусы и тяжелые грузовики. В целом в рамках выставки, на стенде и уличной экспозиции, демонстрировались 23 модели автомобильной техники производства предприятий "Группы ГАЗ".

Цельнометаллический фургон "ГАЗель NEXT" представлен сразу в трех вариантах: грузовом, грузопассажирском (комби) и микроавтобусном. С выпуском фургона "ГАЗель NEXT" Группа ГАЗ выходит в новый сегмент коммерческого транспорта, в котором ранее были представлены только зарубежные производители", – заявил президент "Группы ГАЗ" Вадим Сорокин. По сравнению с "ГАЗелями" предыдущего поколения объем грузового отсека фургона вырос на 30 % до 13,5 м^3. Специальное устройство позволяет перевозить длинномерные грузы до 5 м. Фургон вмещает 7 чел. и 9,5 м^3 груза. Второй ряд сидений автомобиля легко трансформируется в полноценное спальное место. Микроавтобус предназначен для использования в качестве маршрутного такси, туристического или корпоративного транспорта. В нем может комфортабельно разместиться 16 человек. Удобство пассажиров достигается за счет высокого проема двери, низкой подножки, высокого салона, светодиодного освещения и панорамного остекления. Кузов фургона "ГАЗели NEXT" изготовлен из оцинкованной стали и надежно защищен от коррозии. Передачи переключаются с помощью дистанционного привода (джойстика), размещенного на приборной панели. Применение нового пластикового топливного бака, объем которого вырос до 80 л, позволило увеличить запас хода на одной

Цельнометаллический фургон "ГАЗель NEXT"

Седельный тягач "ГАЗон NEXT"

Автобус среднего класса для городских перевозок длиной 9,5 м

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:12

Color profile: Disabled
Composite Default screen

заправке. Изменение конструкции задней подвески повысило и плавность хода.

Еще одной яркой премьерой Горьковского автозавода стал седельный тягач "ГАЗон NEXT". За счет применения прицепной конструкции инженерам ГАЗа удалось увеличить грузоподъемность машины вдвое по сравнению с грузовиком "ГАЗон NEXT": тягач может перевозить до 10 т. Наряду с ростом грузоподъемности увеличивается и объем перевозимого груза: автомобиль может транспортировать прицеп объемом от 50 до 80 м^3. По сравнению с существующими сегодня в этом сегменте импортными моделями новый тягач обеспечивает минимальную себестоимость в пересчете на килограмм перевозимого груза.

Новый этап в развитии своего автобусного направления "Группа ГАЗ" открывает моделью малого класса "Вектор NEXT". Разработка выполнена на основе модульной конструкции, что позволяет в дальнейшем производить на ее базе автобусы разной размерности, сокращая время и ресурсы на создание и организацию производства всего модельного ряда. Впечатляющий комфорт, отличная управляемость, пониженный уровень шума отличают автобусы семейства NEXT. А благодаря оригинальному дизайну автобус не только обеспечит высокий уровень комфорта для водителя и пассажиров, но и станет украшением российских городов.

Другая новая разработка "Группы ГАЗ" – автомобиль с двухрядной кабиной "Урал NEXT". Просторный модуль грузопассажирской модификации "Урала NEXT" вмещает семь человек. Дополнительная распашная дверь с правой стороны обеспечивает удобство входа-выхода с заднего ряда, а спинка заднего сиденья раскладывается в полноценное спальное место. В машине удалось совместить легендарную проходимость миасского внедорожника с современным уровнем комфорта и надежности, а за счет использования уже проверенного и поставленного в производство кабинного модуля "ГАЗели NEXT" – сохранить невысокую цену. На выставке были представлены новые образцы спецтехники на базе "Урала NEXT": автомобиль со съемной цистерной, автокран грузоподъемностью 25 т и вахтовый автобус.

"Впервые за всю историю компании экспозиция "Группы ГАЗ" включает принципиально новые модели во всех сегментах, в которых мы работаем: легкие коммерческие и среднетоннажные автомобили, автобусы, тяжелые грузовики", – сказал на пресс-конференции Вадим Сорокин, – Это линейка коммерческого транспорта нового поколения NEXT, создание которой стало результатом кардинальных улучшений, достигнутых в производственных технологиях ГАЗа за последние годы, и свидетельством высочайшего уровня развития нашей конструкторской школы. Техника семейства NEXT – это невиданные ранее широкие возможности в развитии бизнеса для наших потребителей в России и высокий экспортный потенциал для "Группы ГАЗ".

КАМАЗ

Стенд Камского автозавода был условно поделен на несколько зон: в павильоне демонстрировался новый модельный ряд с компонентами Daimler, альтернативный модельный ряд, спецтехника, компоненты. В уличной экспозиции было представлено пятнадцать моделей, в том числе производства ОАО "НЕФАЗ", дочернего предприятия "КАМАЗа" в Башкирии.

Интерес у потребителей вызвали новые КАМАЗы с "начинкой" Daimler. Среди них такие новинки, как седельный тягач с 13-тонными мостами КАМАЗ-65806 (6×4), самосвалы с 16-тонными мостами КАМАЗ-6580 (6×4), КАМАЗ-65801 (8×4), КАМАЗ-65802 (6×6) и другие модели. Кроме того, здесь был представлен знаменитый спортивный грузовик команды "КАМАЗ-мастер".

Однако гвоздем стенда стал концепт кабины для магистральных автомобилей, которую планируется запустить в серийное производство в 2020 г. Концепт базируется на одной из кабин семейства, которое в настоящее время разрабатывается для перспективной линейки автомобилей.

Кабины семейства отличаются размерами и наполнением. Представленный концепт КАМАЗ-2020 – са-

Интерес у потребителей вызвали новые КАМАЗы с "начинкой" Daimler

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:16

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Концепт кабины для магистральных грузовиков

мая большая кабина: ее ширина – 2,5 м, высота – 2 м, она имеет высокий уровень функциональности. "Предлагаемая организация пространства кабины позволяет водителю создать обстановку мобильного офиса, комфортной жилой комнаты, кухни-столовой, спортзала, что существенно меняет восприятие автомобиля", – заявил генеральный директор Сергей Когогин на пресс-конференции.

Среди новых технических решений КАМАЗ называет бортовую информационную систему, которая позволит водителю всегда быть на видео- и аудиосвязи с семьей, работодателем, диспетчером, грузоотправителем и грузополучателем. Сиденье водителя на электромагнитной подвеске снижает вибрации на 90 %. Экраны, расположенные в передних стойках и панели приборов, предоставляют водителю сведения о пространстве вокруг автомобиля, не оставляя невидимых скрытых зон.

Кабина оснащена зоной личной гигиены, включающей в себя душ со светодиодной подсветкой и выдвижной шторкой из оргстекла, а также выдвижным туалетом. Зона также укомплектована складной раковиной. Кроме этого, в кабине присутствуют все необходимые атрибуты полноценной кухни: мультифункциональная микроволновая печь, кофе-машина, индукционная варочная панель и холодильник. Все они имеют скрытое размещение. Небольшой складной диван расположен в задней части кабины. Часть пола кабины трансформируется в фитнес–тренажер "Беговая дорожка". В кабине также установлен телевизор, который можно наблюдать как с поворачивающегося сиденья водителя, так и во время упражнений на беговой дорожке.

Кабины планируются к производству в Набережных Челнах, с полным циклом сварки и окраски и высоким уровнем локализации изготовления штампованных деталей. В перспективе все технические решения, реализованные в представленной кабине, будут адаптированы под использование на магистральных автомобилях.

В сегменте пассажирского транспорта "КАМАЗ" представил электробусы большого и малого класса. Они уже были представлены публике, но на выставке "Комтранс" демонстрируются впервые. Главная особенность электробусов КАМАЗ, созданных совместно с инжиниринговой компанией Drive Electro – долгий срок службы аккумуляторов и возможность быстрой подзарядки. В электробусе "второго поколения" применены современные компоненты тягового электрооборудования, в том числе электропортальный мост (со встроенными мотор-колёсами) и литий-титанатные аккумуляторные батареи, основными преимуществами которых являются высокая морозоустойчивость (не требуется строительство обогреваемых помещений для зарядки аккумулятора зимой) и увеличенный в три раза срок службы (10 лет). Электробус заряжается за несколько минут от станции ультрабыстрой подзарядки с помощью полупантографов, при этом есть возможность зарядки и от троллейбусной сети. Накопленной энергии ему хватит, чтобы проехать 100 км. "Электрический" автобус заинтересовал перевозчиков, несколько машин уже проходят опытную эксплуатацию на улицах Санкт-Петербурга.

В зоне спецтехники будут демонстрироваться мусоровоз, краны, эвакуатор – на шасси КАМАЗ. Тем, кого интересовали компоненты, "КАМАЗ" предложил ознакомиться с фирменным газовым двигателем Е-5 830.19-400 (с чугунной головкой цилиндров) для перспективных автомобилей, с дизельными двигателями КАМАЗ 910.10-500 и КАМАЗ 750.10-500, а также с дизельным электроагрегатом АД 200С-Т400-1РМ7 на базе двигателя 740.39-380. Кроме того, здесь были представлены запчасти.

В уличной экспозиции можно было ознакомиться с самосвальным автопоездом-зерновозом, полуприцепами, вахтовым автобусом и даже с передвижной лабораторией на шасси КАМАЗ-43118-3048-46.

На автосалоне "Комтранс-2015" было подписано соглашение с транспортной компанией "Монополия" на поставку в кредит 2 тыс. грузовиков. КАМАЗ поставит эти автомобили до 2018 г.

CITROËN

Компания Citroën показала на "Комтрансе-2015" полный модельный ряд коммерческого транспорта, полностью адаптированного для решения любых транспортных задач.

Состоялась российская премьера нового Citroen Berlingo, мировая премьера которого была весной

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:20

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Jumper – самый популярный коммерческий автомобиль марки Citroën

этого года на автосалоне в Женеве. На стенде Citroën новый Berlingo демонстрируется в версии авторефрижератора. "Berlingo всегда оправдывал ожидания своих клиентов. Свидетельством его успеха являются 2,9 млн автомобилей, проданных в мире с 1996 года", – сказал в интервью Фредерик Вюаран, глава Citroën в России – "Так, доля продаж в России Berlingo в своем сегменте составляет 13% (пассажирская версия) и 17% (фургон)."

Citroën Berlingo стал еще более современным, за счет выразительного дизайна, который подчеркнут новым бампером, новым расположением светодиодных фар дневного света и новой решеткой радиатора. Цветовая гамма пополнилась двумя новыми оттенками: стальной серый (Gris Acier) и кофейный коричневый (Brun Moka). Новый Citroën Berlingo предлагается в двух версиях: грузовой (Фургон) и пассажирской (Multispace).

Citroën Jumpy (пассажирский и грузовой) занимает в линейке коммерческих автомобилей место между Berlingo и Jumper и предоставляет прекрасные возможности для адаптации под различные потребности перевозок". Большим преимуществом автомобиля является грузоподъемность, равная 988 кг, что дает право въезда в центр крупных городов, а широкие возможности трансформации удовлетворят различные потребности по грузоперевозке.

Ярким подтверждением тому является грузопассажирский Jumpy 5+1 с перемещающейся перегородкой, представленный на стенде Citroën. Это грузопассажирская версия, многофункциональность которой достигается благодаря перемещающейся перегородке. В стандартном положении перегородки количество мест равно 5+1, объем грузового отсека составляет 3 м^3. При этом достаточно сдвинуть перегородку вперед и грузовой отсек увеличится до 4,8 м^3, что делает возможным перевозку более габаритного груза.

Jumper является самым популярным автомобилем в линейке коммерческого транспорта Citroën. На его базе производятся автобусы с количеством мест от 8 до 22 (маршрутное такси), автобусы для междугородних и пригородных сообщений, различные специализированные автомобили, в том числе грузопассажирские версии, школьные автобусы и автомобили для людей с ограниченными возможностями. На стенде Citroen были представлены две версии трансформаций Jumper: междугородний автобус и фургон нового типа – Jumper EuroProm.

У Citroën Jumper появился новый турбонаддувный дизель HDi мощностью 150 л.с. Крутящий момент этого мотора достигает 350 Нм при 3500 об/мин, расход топлива не превышает 8,4/100 км в смешанном цикле. Таким образом, новый двигатель пополнит линейку моторов Citroen Jumper, ранее предлагавшегося только с дизелем HDi 130 (рабочий объем 2,2 л). Оба двигателя соответствуют экологическому классу "Евро-5".

DAIMLER

Германский концерн Daimler в лице компании "Мерседес-Бенц Тракс Восток" показал в "Крокус-Экспо" грузовые автомобили Mercedes-Benz, а также автобусы Setra.

Actros четвертого поколения приходит в Россию в юбилейном для модели 2016 г. Лидерство Actros на мировом рынке подтверждают более 700 тыс. проданных единиц за 20 лет с момента его появления. Новый магистральный тягач Actros 1848LS

Грузовые автомобили Mercedes-Benz концерна Daimler

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 ... 2015 *. 10:14:28

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Фургон Mercedes-Benz Sprinter Classic SuperBike Edition

был представлен в комплектации для международных перевозок – для самых требовательных покупателей. В комплектацию входят: кабина GigaSpace, коробка передач с автоматическим переключением PowerShift 3, полный комплект аэродинамических спойлеров, объем топливных баков 1110 л, водяной ретардер, система стабилизации, система мониторинга FleetBoard, биксеноновые фары, сиденье водителя с функцией массажа, автоматический климат-контроль, выдвижной холодильник, CD-магнитола с Bluetooth.

Напротив нового Actros располагался магистральный тягач Mercedes-Benz Actros 1846LS Black Liner, олицетворяющий передовые технологии и повышенный комфорт. Этот автомобиль обладает оригинальным дизайном серии Black Liner, оборудован системой экстренного торможения Active Brake Assist 2, системой стабилизации Telligent, ретардером Voith, системой контроля и поддержания дистанции Telligent, системой контроля полосы движения Telligent, кабиной Megaspace, топливными баками 1430 л.

Еще один экспонат с именем Actros на стенде – седельный тягач Mercedes-Benz Actros 2541LS с колесной формулой 6×2/4 представляет собой практичное решение для перевозки тяжелых грузов, с разрешенной массой автопоезда до 44 т. Комфортабельная спальная кабина с двумя спальными местами, коробка передач Mercedes PowerShift, электронно-пневматическая тормозная система Telligent, противооткатная система и средняя разгружаемая управляемая ось обеспечивают надежную транспортировку груза и необходимый комфорт для водителя.

Для региональных перевозок предназначен седельный тягач Mercedes-Benz Axor 1843LS с двигателем мощностью в 428 л.с. У него спальная кабина с высокой крышей, нижнее спальное место, система бортового контроля Telligent, соответствие Европейским требованиям по перевозке опасных грузов ADR – вот лишь некоторые из особенностей данного автомобиля, оптимально соответствующего российским условиям. Благодаря колёсной базе 3900 мм Axor 1843LS обладает увеличенной грузоподъемностью.

Для городских перевозок ООО "МБ Тракс Восток" предложило изотермический фургон Mercedes-Benz Atego 1218L с пневмоподвеской задней оси. Фургон для развозных перевозок обладает отличной маневренностью в условиях узких городских улиц, обзорностью, экономичностью при движении в городе, малой собственной массой, обеспечивающей при этом высокую грузоподъемность. Возможность эксплуатации в городских условиях обеспечивается полной массой менее 12 т.

На выставке прошла также красочная презентация мировой новинки – фургона Sprinter Classic SuperBike Edition. Это специальный автомобиль, который может вместить в себя четырех пассажиров и их мотоциклы. В комплектацию входит специально оборудованное место для запчастей и различного снаряжения.

Автобусное подразделение компании ООО "МБ Тракс Восток" познакомило посетителей выставки на уличной площадке с новым автобусом для пригородных перевозок Setra S415 UL Business ("Евро-6"). Автобус предназначен для перевозки 51 пассажира и 5,2 м^3 багажа, который прекрасно подойдет для пригородного и междугороднего сообщения.

Автобусное подразделение ООО "МБ Тракс Восток" достигло успехов в 2015 г., несмотря на финансовый кризис. Так, автобусов Mercedes-Benz Conecto на улицах Москвы все больше и больше. У них самый высокий коэффициент выхода на линию, благодаря высокому качеству, профессионализму перевозчика ГУП "Мосгортранс" и высокому уровню сервисного обслуживания, предоставляемого сервисной станцией "ЕвоБус Русслэнд".

DONGFENG MOTOR

Китайская корпорация DongFeng Motor показала новые модели грузовиков DFM и рассказала о своем развитии на российском рынке.

По словам генерального директора DongFeng Motor г-на Пань Чэнчжэна, "в 2014 г. объем продаж автомобилей DongFeng Motor достиг

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:32

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Легкий грузовой автомобиль Captain серии C

KX – это новый седельный тягач компании DongFeng

3,8 млн ед. По объему продаж средних и грузовых автомобилей на протяжении 10 лет подряд мы занимаем первое место в автомобильной отрасли Китая". На нынешнем автосалоне корпорация DongFeng Motor представила восемь моделей автомобилей: DongFeng KX, DongFeng KC, DongFeng KR, легкий грузовой автомобиль Captain серии C, Xiaokang C35, Xiaokang K01, Xiaokang C31. Среди них наибольшее внимание получила собственная разработка компании – грузовик для транспортировки грузов на большие расстояния DongFeng KX. Он является не только ведущим продуктом среди коммерческих автомобилей DFM, но и яркой звездой автосалона.

DongFeng KX – это новый седельный тягач, созданный быть лидером эффективных грузовых перевозок. Разработку этой модели компания DongFeng вела на протяжении последних 5 лет. Стартовал проект в 2009 г., а на рынок модель вышла в конце 2014 г. Тягач является собственной разработкой и реализацией специалистов DongFeng. Основываясь более чем на 40-летнем опыте традиций создания грузовых автомобилей DongFeng, создавая свою новую модель, учла необходимость реализации разнообразных современных требований к перевозке грузов в одном автомобиле. Передовую концепцию DongFeng можно описать тремя словами: надежность, экономичность и комфорт. Эта модель, по сравнению с предыдущими, имеет большую площадь остекления для улучшения обзора и придания большей легкости и элегантности. Дизайн верхней части кабины выполнен в соответствии с аэродинамическими требованиями для максимального снижения коэффициента сопротивления воздуха. Климатическая установка позволяет за счет множества воздуховодов максимально быстро и эффективно отработать заданную температуру и микроклимат в салоне.

Двигатель тягача ISZ480 – новый турбонаддувный дизель рабочим объемом 13 л, мощностью 380 л.с. разработанный на совместном предприятии "Дун Сен Комацу". В паре с двигателем также трудится 12-ступенчатая коробка передач ZF astronic. Одним из инновационных решений является модернизированный гидравлический замедлитель, который работает в связке двигатель – коробка передач, помогает при затяжных спусках и торможении автомобиля. Задняя подвеска оборудована системой амортизации с пневмоподвеской, что позволяет поддерживать постоянный дорожный просвет. Комплексное решение: использование гидравлического замедлителя в коробке передач, а также торможение двигателем и комплексной системой торможения, включающей в себя ABS, SPI, ABD и другие надежные системы, позволяет надежно остановить автомобиль в любой ситуации.

Единую электронную сеть автомобиля на данный момент составляют восемь электронных систем: это системы управления двигателем и короб-

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 2015 *. 10:14:41

Color profile: Disabled
Composite Default screen

кой передач, системы шасси с автоматическим поддержанием дорожного просвета, система безопасности и вспомогательные системы, такие как аэродинамический замедлитель, это мультимедийная система, это электронная проводка.

"Российский рынок является одним из главных рынков корпорации DongFeng, – продолжает г-н Пань Чэнчжэн, – а также важным звеном стратегии "Один пояс–один путь", выдвинутый правительством Китая, поэтому корпорация с 2011 г. начала расширять российский рынок. К настоящему времени в России мы открыли 41 дилерский центр по продажам и обслуживанию автомобилей "Дунфэн", а также создали в Москве централизованный склад запасных частей".

В 2015 г. исполняется 7 лет с тех пор, как DongFeng Motor вышла на российский рынок, нынешний год также является решающим моментом для полноценного развития и создания стратегического сотрудничества DFM. Корпорация будет неизменно держать обещание перед российскими потребителями разработать новую продукцию, продолжать свою традицию, создавать новые тенденции, продолжать предоставлять потребителям еще большее количество высококачественной продукции и услуг.

FIAT

Fiat Professional – подразделение легких коммерческих автомобилей концерна FCA – показало новую линейку коммерческих автомобилей Fiat Doblo и новый Fiat Ducato 4×4 производства Dangel.

Fiat Doblo – единственный в своём сегменте коммерческий автомобиль, оснащенный независимой многорычажной задней подвеской. Универсальный и надежный он способен адаптироваться под различные потребности своего владельца. Этот автомобиль обладает превосходными характеристиками: отличной управляемостью, повышенным комфортом, а также простотой погрузки и разгрузки, которая достигается благодаря широким задним распашным и боковым сдвижным дверям и невысокому уровню пола.

На выставке было представлено две модификации Fiat Doblo: грузовая версия Cargo с повышенной грузоподъемностью и пассажирская версия Combi, отличающаяся особенным комфортом и управляемостью. Многорычажная независимая задняя подвеска, усовершенствованная коробка передач и сцепление, а также повышенное внимание разработчиков к акустическому комфорту – все это делает Fiat Doblo Cargo идеальным партнером своему владельцу.

На стенде Fiat Professional был показан новый Fiat Ducato 4×4 производства Dangel. Компания Automobiles Dangel находится в восточной Франции, недалеко от границы с Германией и Швейцарией, и занимается производством полноприводных автомобилей с 1980 г. Новый Fiat Ducato 4×4 имеет систему постоянного полного привода, что позволяет уверенно двигаться по заснеженным плохо очищенным дорогам, в том числе, на подъемах и горных перевалах в сложных погодных условиях. На выставке автомобиль был представлен в версии Endurance, доступной с двумя вариантами дизеля рабочим объемом 2,3 л мощностью 130 и 150 л.с.

"Российский рынок остается для нас одним из приоритетных, – отметил руководитель подразделения Fiat Professional в России Валентино Мунно, – Нашими задачами по-прежнему является усиление позиций Fiat Professional и дальнейшее развитие бизнеса в России. В сегодняшней непростой экономической ситуации нам особенно важно показать клиентам, что мы являемся для них сильным и надежным партнером. Мы продолжаем поддерживать покупателей – представителей малого и среднего бизнеса – и предлагаем им специальные финансовые программы, которые позволяют приобретать наши автомобили по максимально комфортным для них условиям".

Комментируя российскую премьеру Fiat Doblo Валентино Мунно добавил: "Fiat Professional в России предстоит очень активный год. В 2016 г. мы планируем обновить практически всю модельную линейку: представить новый фургон и пассажирскую версию Fiat Doblo и абсолютно новый Fiat

Стенд компании Fiat Professional

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 ... 2015 *. 10:14:45

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Scudo. В этом же году запланирован выход совершенно нового автомобиля – пикапа, созданного совместно с Mitsubishi".

FUSO

Среднетоннажник Canter является флагманом FUSO с более чем 50-летней историей постоянного технического совершенствования. Мировая история успеха FUSO Canter включает и российскую страничку. В июле 2010 г. в Ульяновске запущено российское производство FUSO Canter методом крупноузловой сборки.

На стенде компании представлен FUSO Canter с изотермическим фургоном полной массой 8,5 т, дополнительно укомплектованный холодильной установкой (рефрижератором) Carrier Xarios 500, что позволяет постоянно поддерживать требуемую температуру в фургоне и гидробортом DHOLLANDIA, упрощающим погрузочно-разгрузочные работы. Автомобиль предназначен для перевозки скоропортящихся товаров или других грузов, требующих соблюдения стабильного температурного режима.

FUSO Canter – это профессиональный коммерческий автомобиль с длительным сроком эксплуатации и широким диапазоном надстроек, которые позволяют использовать его в различных сферах деятельности: торговле, строительстве, сфере обслуживания, коммунальном хозяйстве. Canter очень удобен для эксплуатации в условиях узких, загруженных автомобилями улиц и дворовых территорий крупных городов, благодаря своей маневренности, при этом может перевозить груз массой до 5,3 т, а при использовании в составе автопоезда до 7,7 т, что обеспечивает высокую производительность. Четыре модификации грузовика с различной длиной колесной базы – 3410 мм, 3870, 4170 и 4470 мм, позволяет удовлетворить индивидуальные потребности каждого покупателя.

На стенде компании представлен FUSO Canter с изотермическим фургоном

Автомобиль оснащен дизелем FUSO 4M50-5AT5 рабочим объемом 4,9 л, мощностью 180 л.с. и крутящим моментом – 530 Нм, в сочетании с шестиступенчатой механической коробкой передач. Большой запас мощности и высокий крутящий момент позволяет водителю комфортно набирать и поддерживать необходимую скорость в различных дорожных условиях и ситуациях. Наличие в конструкции двигателя балансировочных валов, уменьшающих вибрации, обеспечивает более комфортные условия для водителя, поскольку его место в бескапотных автомобилях находится над двигателем. Еще одним преимуществом нового FUSO Canter является возможность контролировать уровень масла в двигателе из кабины, что особенно удобно в холодное время года.

С учетом специфики небольших компаний, которые не могут позволить себе парк техники разной грузоподъемности, в комплектацию Canter может входить сертифицированное тягово-сцепное устройство, позволяющее использовать прицепную технику. Очередным экономическим преимуществом автомобиля является возможность приобретения при необходимости широкого ассортимента дополнительных опций, например, кондиционера, тахографа, предпускового подогревателя.

ISUZU

В этом году стенд японской компании представил:

– автофургон-рефрижератор с внутренним объемом кузова 36,9 м^3 (16 европаллет) и грузоподъемностью 9,1 т на базе шасси ISUZU Forward 18.0 (FVR34UL-QDUS), оснащенный гидробортом DHOLLANDIA грузоподъемностью 1,5 т и ХОУ Carrier, позволяющей поддерживать заданный температурный режим в диапазоне от –20 до +10 °С.

– бортовой автомобиль с КМУ UNIC (Япония) на базе шасси ISUZU Forward 12.0 (FSR90SL-PCUS) грузоподъемностью 5,6 т, имеющий алюминиевую бортовую платформу габаритной длиной 6,5 м (16 европаллет) и КМУ с максимальной грузоподъемностью 3 030 кг и максимальным вылетом стрелы 10,8 м.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:49

Color profile: Disabled
Composite Default screen

На стенде японской компании ISUZU

– автогидроподъемник на базе шасси ISUZU ELF 9.5 (NQR90L-L) с надстройкой компании AICHI (Япония), имеющий четырехсекционную телескопическую стрелу, позволяющую поднять корзину с монтажниками на максимальную высоту в 29 м.

– автофургон Promo на базе шасси ISUZU ELF 3.5/5.2 (NMR85H) с внутренним объемом кузова 15,8 м^3 и грузоподъемностью 0,7/2,4 т, изготовленный из органического стекла Plexiglas.

Для большего комфорта посетителей и клиентов, ISUZU обустроила на стенде отдельные зоны, где можно было ознакомиться с осуществляемыми компанией бизнес-предложениями, услугами в области послепродажного обслуживания и финансовыми решениями. В течение всех дней выставки в каждой из представленных зон работали ведущие специалисты отделов продаж дилерских центров ISUZU, а также представители главного офиса компании.

IVECO

Компания Iveco привезла в "Крокус-Экспо" новый Daily. Среди представленных образцов были фургоны, газовые микроавтобусы, но настоящей "изюминкой" экспозиции является полноприводный внедорожный вариант с блокировками дифференциалов, мощной рамой и защитой двигателя. Этакий Unimog по-итальянски. Модель скромно стояла в углу, что легко объясняется космической ценой за такой вариант.

Внимание посетителей стенда Iveco привлекли также самосвалы Iveco (Trakker 8×4 с кузовом Gervasi и Trakker 6×6 с кузовом Iveco-AMT). Кроме того, продукцию российско-итальянского предприятия Iveco-AMT можно было увидеть на стенде "Газпром – газомоторное топливо" (шасси Trakker 6×6 в газодизельном исполнении) и на стенде "Газкомплект"/"Италгаз" (шасси Eurocargo 4×4 газ/дизель).

Самосвалы Iveco Trakker 8×4 и Trakker 6×6

MAN

Впервые в России был представлен флагман тяжелой серии магистральных тягачей MAN – грузовик TGX 18.560. Автомобиль оснащен двигателем нового поколения D38 стандарта "Евро-6" мощностью 560 л.с. Седельный тягач может работать в составе автопоездов полной массой 44 т. Электронные системы обеспечивают безопасность движения и высокую производительность. В числе систем электронно-управляемая тормозная система MAN BrakeMatic, ABS, ASR, система помощи при старте MAN EasyStart, а также система курсовой устойчивости ESP, контроль поддержания дистанции ACC, система курсового контроля Lane Guard IV (LGS), система помощи при экстренном торможении EBA + ESS.

Представленный грузовик относится к числу машин специальной серии, посвященной 100-летнему юбилею производства грузовиков и автобусов MAN. Среди особенностей экстерьера специальный цвет кабины – темно-серый металлик, металло-галогеновые прожекторы на верхней фронтальной части кабины, хромированные колесные диски, а также изображения пламенных львов на боковых панелях и дверях. Интерьер и оснащение внутри кабины включают пакет мультимедиа-оборудования "Плюс", систему MAN Media Truck Advanced – радионавигационную установку со специализированным программным обеспечением для грузовиков, USB-разъем для проигрывания музыки или зарядки мобильных устройств, инфракрасный пульт дистанционного управления и hands-free-систему, работающую по Bluetooth.

Автобус MAN Lion's Intercity – новый член семейства автобусов MAN. Мировая премьера

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:14:57

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Стенд компании MAN

Флагман тяжелой серии магистральных тягачей MAN

состоялась в марте 2015 г. в Анкаре на мероприятии BusDays 2015, российская премьера – на выставке "Комтранс-2015".

Новый Intercity предназначен для различных сфер использования, в числе которых междугородние пассажирские перевозки, регулярные трансферные перевозки, а также перевозка детей. Дизайн автобуса разработан на основе опробованной и протестированной модульной концепции MAN. Автобус можно заказать в двух исполнениях: 12,3 и 13 м. Двухосный Intercity оснащен двигателем D08 мощностью 290 л.с. В зависимости от выбранного типа сидений, салон может быть оборудован 55 или 59 креслами.

Отличительной особенностью нового автобуса стали высокие характеристики безопасности и экономичности. Lion's Intercity оснащен системой, противодействующей опрокидыванию. В каркас автобуса встроены многочисленные дополнительные силовые стойки. Они обеспечивают необходимую устойчивость кузова и забирают на себя энергию удара большой силы. Также в стандартной комплектации для всех пассажирских сидений предусмотрены двухточечные ремни безопасности. Противопожарная изоляция между двигателем и пассажирским салоном эффективно предотвращает распространение огня от источника в моторном отсеке. В автобусе использован ряд технологий, помогающих снизить расход топлива. Среди них облегченная конструкция двигателя и колесных дисков, а также сниженным коэффициентом аэродинамического сопротивления С×0,4.

Кроме того, MAN предлагает российским клиентам ряд новых услуг. Познакомиться с ними посетители стенда смогли в зоне MAN Solutions. Специалисты компании предлагали потенциальным клиентам сервисные контракты, услуги по финансированию сделок и лизингу, консультировали их по вопросам приобретения новых оригинальных запасных частей и рассказать о преимуществах восстановленных запчастей Ecoline. Эксперты также помогли освоить электронный каталог запасных частей Mantis.

На выставке также было представлено подразделение MAN TopUsed, предлагающее услуги по приобретению высококачественной подержанной техники и trade-in.

МАЗ

Полноприводный самосвал МАЗ-6502Н9, выставленный в "Крокус-Экспо", – это образец нового семейства автомобильной техники Минского автомобильного завода. На данной модели самосвала обновлен дизайн и улучшена эргономика.

Усовершенствованы и технические характеристики автомобиля. В конструкции применен новый передний мост с силовой нагрузкой 9 т и увеличенным входным крутящим моментом. Уменьшенное плечо обкатки позволяет снизить усилие на рулевом колесе. Увеличенная нагрузка на ось

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:15:05

Color profile: Disabled
Composite Default screen

позволяет комплектовать самосвал мощным двигателем ЯМЗ-652 (412 л.с.) с целью увеличения грузоподъемности.

На самосвале предусмотрена возможность установки как П-образной, так и U-образной платформы с объемом 12,5 м^3. По желанию заказчика на самосвале может применяться дополнительная опция подогрева платформы.

Существенным преимуществом самосвала является регулировка переднего моста, которая позволяет отключить его, чтобы снизить расход топлива автомобиля в хороших условиях или без груза. Для повышения проходимости груженого автомобиля предусмотрена межосевая блокировка дифференциалов. Для комфортной работы водителя на самосвале установлена четырехточечная подрессоренная кабина. В конструкции применена модернизированная односкоростная раздаточная коробка с увеличенным крутящим моментом.

Полноприводный самосвал МАЗ-6502Н9

На Минском автомобильном заводе продолжается работа над разработкой и производством линейки транспорта, работающего на газовом топливе. В рамках выставки будет представлен низкопольный городской автобус МАЗ-103, работающий на метане.

Учитывая непростую экономическую ситуацию, Минский автомобильный завод предлагает потребителям пассажирской техники бюджетный вариант автобуса. Наряду с газовым автобусом второго поколения МАЗ-203, на заводе разработан автобус, работающий на метане, спроектированный на базе автобуса первого поколения МАЗ-103. Эта модель признана одной из самых популярных и успешных моделей дизельного автобуса. Она хорошо зарекомендовавших себя в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Газовый автобус второго поколения МАЗ-203

На автобусе применены компоненты и агрегаты ведущих мировых производителей. Так, на МАЗ-103965 установлен газовый двигатель Mercedes-Benz и автоматическая коробка передач Allison. Полимерно-композитные баллоны таких производителей, как Rugasco, относятся к четвертому типу и обеспечивают максимально возможный уровень безопасности. Оптимальная совокупная ёмкость баллонов 1380 л позволяет значительно увеличить запас хода на одной заправке (более 500 км). В среднем время полной заправки автобуса составит от 7–8 мин при параллельной заправке баллонов (в соответствии с заправочным стандартом NGV 2).

Унификация с дизельными автобусами МАЗ-103 позволяет сэкономить на сервисном обслуживании. Автобус уже прошел испытания и сертифицирован в Республики Беларусь и Российской Федерации.

Продолжение следует

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:15:13

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Виктор Алексеевич Зубков, председатель Совета директоров "Газпрома"

Виктор Зубков: "ПЕРЕЙДЕМ НА ГАЗ"

В настоящее время газификация автотранспорта стала особенно актуальной. Корреспондент А. Фролов встретился с Виктором Алексеевич Зубковым, председателем Совета директоров "Газпрома", и задал ему несколько интересных вопросов.

Виктор Алексеевич, в чем, на ваш взгляд, принципиальные отличия нынешней программы развития газомоторного направления от программы, принятой в 2007 г.?

– Главное отличие – в масштабе задачи. Программа развития рынка газомоторного топлива реализуется по поручению Президента России Владимира Путина и имеет такую же высокую социальную значимость, как, например, газификация страны. В декабре 2012 г. по решению ОАО "Газпром" создана специализированная компания ООО "Газпром газомоторное топливо", которая определена единым оператором по развитию рынка газомоторного топлива в России.

Учитывали ли вы опыт последней масштабной программы газификации транспорта 1985 г.?

– Конечно. Мы внимательно относимся к опыту предшественников. Программу газификации транспорта второй половины 1980-х гг. можно назвать одной из самых масштабных в истории. Особое внимание мы уделили проблемам, с которыми пришлось тогда столкнуться: это и выделение для газовых заправок не самых выгодных участков, и банальное вредительство в автопарках со стороны водителей (газ ведь нельзя слить), и многое другое. Также изучаем зарубежный опыт последних лет (Германия, Франция, Италия, Южная Корея, Иран, Китай, США и др.). Благодаря этому, мы хорошо представляем себе, с какими проблемами может столкнуться газомоторная отрасль и как их избежать.

А вот с технологической точки зрения опыт 1980-х не так интересен, ведь в то время не было эффективных технологий. Тяжелые стальные баллоны для компримированного природного газа (КПГ) занимали много места, их было сложно транспортировать. Карбюраторные двигатели теряли мощность при переводе на природный газ, их часто приходилось регулировать, настраивать. Сегодня положение кардинально изменилось. Заводские автомобили оснащены системами электронного управления зажиганием, благодаря которым транспорт на метане нисколько не уступает обычным автомобилям по мощности. Созданы безопасные баллоны из легких композитных материалов. Уровень развития техники и технологий для применения метана серьезно повысился, и это делает использование природного газа весьма перспективным.

Какое альтернативное моторное топливо вы считаете наиболее перспективным для России на среднесрочную перспективу: сжиженный углеводородный газ (СУГ) или КПГ?

– КПГ – более эффективное топливо. У него есть, как минимум, два преимущества перед пропаном – экологичность и более высокий класс безопасности. О перспективности КПГ говорит и тенденция: за последние 7–8 лет парк автомобилей на метане в мире вырос более чем в три раза, в то время как количество автомобилей, использующих СУГ, возросло примерно на 50 %. На сегодняшний день, в мире более 17 млн метановых автомобилей и их количество продолжает расти. Кроме того, СУГ как топливо привязан к производству нефти (попутному нефтяному газу), а метан (природный газ) – это самостоятельное топливо, источник первичной энергии.

Сейчас активно ведется разработка необходимой законодательной базы, внедрение льгот и системы стимулов, строится инфраструктура. Все это положительно скажется на развитии рынка метанового топлива в нашей стране.

А как вы оцениваете перспективу развития сжиженного природного газа (СПГ) как моторного топлива для нашей страны?

– СПГ – это все-таки новое, пока слабо развитое направление. Я думаю, что в перспективе это

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 2015 *. 10:15:19

Color profile: Disabled
Composite Default screen

топливо займет значительную нишу на рынке газомоторного топлива. Сжиженный природный газ эффективнее использует пространство, чем компримированный – жидкого топлива на единицу объема приходится больше, чем газообразного. Фактически КПГ – это метан сжатый примерно в 200 раз, а СПГ – в 600. Но в то же время СПГ дороже и требует более сложной инфраструктуры.

Для того чтобы это направление развивалось, мы уже сегодня создаем инфраструктуру для заправки автомобилей – сети крио-АЗС (автозаправочных станций). Пилотным регионом может стать Калининградская область. Там уже есть мощности – совмещенный комплекс ООО "Газ-Ойл" по сжижению и компримированию природного газа. В его состав, в частности, входит автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС).

Какие мероприятия запланированы для пропаганды газомоторного топлива?

– Основная задача – убедить население в преимуществах, которые дает газомоторное топливо. Переход на метан – это экономично, экологично, безопасно. Для этого мы будем использовать все возможные каналы. Интерес к метану очень высок. К нам обращаются представители СМИ, производители техники, руководители автотранспортных предприятий, обычные автомобилисты. Мы как единый оператор газомоторного рынка не только синхронизируем деятельность всех участников. Мы обязаны выступить единым информационным, если угодно – просветительским центром, по продвижению метана в качестве моторного топлива.

Как изменится количество АГНКС и многотопливных заправок в ближайшие годы?

– В рамках инвестиционной программы компании на 2013–2014 гг. было реконструировано и построено 99 объектов рынка газомоторного топлива, еще 206 будет запроектировано. Кроме этого, совместно с нефтяными компаниями мы планируем дооборудовать классические АЗС блоками заправки компримированным природным газом. В целом программа развития рынка газомоторного топлива предполагает масштабное строительство газомоторной инфраструктуры. Это более 2 тыс. объектов по всей России, т.е. почти в 10 раз больше, чем есть сейчас.

Сколько существующих заправочных станций будет оборудовано газовыми модулями?

– Точное количество АЗС, которые будут оборудованы КПГ-модулями, пока не известно. Подписано соглашение с "Газпромнефтью", ведутся переговоры с компаниями "Татнефть" и "Башнефть". Это взаимовыгодное сотрудничество: мы инвестируем в инфраструктуру, владельцы АЗС получают возможность расширить перечень предлагаемых услуг и увеличить автомобильный трафик на станции.

– Кто будет поставлять оборудование для заправочных станций?

Поставщики оборудования будут определяться по результатам конкурентных процедур по каждому объекту инвестиционной программы. В настоящее время мы рассматриваем возможность применения продукции мировых производителей компрессорного оборудования. Это SAFE S.p.A. (Италия), Schwelm Anlagentechnik GmbH (Германия), BRC FuelMaker (Италия), Delta Compresion S.R.L (ASPRO) (Аргентина), GNC Galileo S.A. (Аргентина), BAUER Kompressoren GmbH (Германия), Atlas Copco (Швеция), Fornovo Gas (Италия), Kwangshin (Южная Корея) и др.

Будут ли использоваться передвижные автомобильные газовые заправщики (ПАГЗ)?

– Разумеется.

Сколько таких заправщиков вы предполагаете закупить в ближайшие два года?

– В рамках двухлетней инвестиционной программы на 2013–2014 г. было закуплено 26 ПАГЗ трех ведущих производителей: норвежского Hexagon Lincoln, китайского Shijiazhuang Enric Gas Equipment CO., LTD и российского ОАО "Национальные газовые технологии". Для каждого конкретного объекта будем подбирать наиболее подходящий ПАГЗ. Это будет зависеть от объемов и условий заправки транспорта.

Развивая пункты по переоборудованию и техническому обслуживанию газомоторной техники, вы планируете опираться на существующие предприятия?

– Серийный транспорт с установленным на заводском конвейере газовым оборудованием будет обслуживаться на авторизованных станциях ТО самого производителя в рамках гарантийного и постгарантийного обслуживания. Мы рассматриваем возможность организации пунктов по установке метанового оборудования на автомобили при АГНКС. В этом вопросе важно обеспечить компетентность установщика, высокое качество работ и соответствие всем нормам безопасности. Над этим мы сейчас работаем.

Насколько, по-вашему, изменится количество техники, использующей метан, к 2020 г. в нашей стране?

– Сегодня в России около 90 тыс. газобаллонных автомобилей. Целевой показатель потребления метана в рамках стратегии нашей компании к

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:15:20

Color profile: Disabled
Composite Default screen

2020 г. – 10,4 млрд м^3. К этому времени на природный газ должно быть переведено 50 % общественного транспорта и коммунальной техники, 30 % грузового транспорта, 20 % сельскохозяйственной техники и 10 % личного транспорта. При планируемой динамике КПГ займет долю в 4,5 % от общего объема реализуемого моторного топлива в России. На этом уровне, по прогнозам экспертов, возникнет самоподдерживающийся эффект роста спроса. В результате начнется развитие массового сегмента рынка, и спрос на КПГ станет расти еще более быстрыми темпами.

Какие изменения потребуется внести в законодательство?

– Первые важные шаги уже сделаны. Распоряжением Правительства № 767 установлено, что к 2020 г. до 50 % общественного транспорта в городах-миллионниках должно быть переведено на газомоторное топливо. Второй важный аспект – законодательно закреплен предельный уровень стоимости КПГ.

Сейчас крайне необходимы законодательные инициативы, комплекс мер, направленных на стимулирование потребления метана. Например, льготы и преференции для владельцев газомоторной техники, снижение ставок транспортного налога для автомобилей на газомоторном топливе, субсидии на приобретение транспорта на природном газе, приоритет метановому транспорту при проведении конкурсов на перевозки.

Как планируете мотивировать региональные власти, чтобы те активнее развивали газомоторное направление?

– Переход на газомоторное топливо выгоден в первую очередь для самих регионов. Сокращаются расходы на топливо, растет энергоэффективность. Например, в Гатчинском районе Ленинградской области на транспортные перевозки тратится до 700 млн руб. в год. Закупка дизельного топлива для сельскохозяйственной техники в Ленинградской области обходится почти в 1 млрд руб. Переход на метан позволит сократить расходы минимум вдвое. Высвобожденные средства могут пойти, например, на развитие транспортной сети или сдерживание тарифов на перевозки. Это позволяют делать закон "Об энергоэффективности" и система энергосервисных контрактов.

Мы заключаем соглашения с регионами по расширению применения газомоторного топлива, в рамках которых обеспечиваем строительство объектов инфраструктуры в регионе. В ответ региональные власти должны обеспечить загрузку АГНКС, которая в среднем должна составлять 70 % к началу третьего года работы станции. Соблюдение этих условий регионами – для нас, по сути, график синхронизации. Без этого эффективность наших инвестиций может оказаться крайне низкой. Это недопустимо.

Планируются ли совместные программы с лизинговыми компаниями и кредитными организациями для выработки условий, облегчающих перевод на газ транспорта, купленного в кредит?

– Конечно. Мы сотрудничаем с финансовыми институтами по созданию эффективных инструментов для приобретения транспорта на природном газе. Уже заключены соглашения о стратегическом партнерстве с ОАО "Газпромбанк", соглашения о сотрудничестве с ОАО "Сбербанк" и ЗАО "Сбербанк-Лизинг". В результате совместной работы с финансовыми институтами мы предложим потребителям максимально удобные условия для приобретения транспорта, работающего на метане.

Какие автопроизводители готовы вывести свою газобаллонную технику на российский рынок?

– На сегодняшний день все ведущие мировые автопроизводители выпускают серийные автомобили на метане (Ford, Honda, Fiat, Iveco, MAN, Opel, Scania, Volkswagen и др.). Начало массовых продаж метановых автомобилей на российском рынке – вопрос времени. В сегменте грузовой и специальной техники мы сотрудничаем с крупными зарубежными компаниями: MAN, Iveco, Caterpillar, Komatsu. Все эти производители уже вывели либо разрабатывают газомоторную технику для российского рынка. В перспективе мы планируем привлекать к сотрудничеству всех зарубежных лидеров автопрома. Наша задача – обеспечить российского потребителя техникой, работающей на метане, более того – дать потребителю возможность выбрать из нескольких моделей.

Какие шаги в газомоторном направлении предпринимают российские автопроизводители?

– Первый этап стратегии развития рынка газомоторного топлива предполагает перевод на природный газ общественного транспорта, коммунальной техники и городского грузового транспорта. Соответственно, мы подписали соглашение с ведущими российскими производителями "КАМАЗ", "ВОЛГАБАС", "Группа ГАЗ", "Кировский завод", которые серийно выпускают автобусы и технику для ЖКХ.

А вы сами планируете пересесть на газобаллонный автомобиль?

– Почему бы и нет? Скажу больше, служебными автомобилями компании "Газпром газомоторное топливо" являются метановые VW Passat EcoFuel. Теперь сотрудники на личном опыте смогут убедиться в преимуществах транспорта на природном газе. А в целом использование метанового служебного транспорта – вклад компании в экологию Северной столицы.

AGZK11.15(1-56).PS
agzk10.15(1-56)
29 Œ Æ 2015 *. 10:15:20