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

Том 16. № 3. 2017 г. Издается с января 2002 г. Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

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

Приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования возможностей повышения среднеэксплуатационной топливной экономичности и снижения токсичности выбросов газового двигателя КАМАЗ путем отключения части цилиндров. Показано, что при реализации 13-ступенчатого испытательного цикла можно отключением четырех цилиндров на режимах малых нагрузок ожидать повышения топливной экономичности двигателя до 13,5 %, а также достигнуть снижения удельных выбросов СО, СН соответственно до 35 и 22 % при некотором повышении выбросов оксидов азота по сравнению с показателями полноразмерного двигателя.

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

Истощение запасов нефтяных месторождений и ухудшающаяся экологическая обстановка приводят к необходимости поиска новых альтернативных источников энергии. Показаны преимущества использования топлив растительного происхождения в качестве альтернативных моторных топлив. Исследованы вязкостные характеристики многокомпонентных и эмульгированных топлив.

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

Одной из важнейших проблем на пути широкой электромобилизации является безопасность и надежность энергоснабжения, функции которого реализуются электрозаправочной инфраструктурой с экономичной и экологичной зарядкой аккумуляторов электромобилей. Попробуем разобраться, какой она должна быть в плане использования конкретных устройств, встроенных в интегральную энергосистему.

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

Исследована фото- и хемилюминесценция 50°-ных фракций Абшеронской (морской) нефти и углеводородов ее остатка (>500°С). Рассмотрено влияние термо- и фотовоздействия на их хемилюминесценцию. Установлено, что под действием фотооблучения происходят фотофизические и фотохимические процессы, эффективность которых увеличивается с увеличением температуры кипения фракций. Выявлено, что растворы всех фракций обладают переменной люминесценцией, которая в наиболее высококипящей фракции приобретает многие цвета радуги. Установлены радикальные и молекулярные механизмы термохемилюминесценции и фототермохемилюминесценции, обратимое аккумулирование световой энергии и ее высокая эффективность в высококипящих фракциях Абшеронской нефти.

ИНФОРМАЦИЯ

Савченко А.С.
6-й Петербургский Международный газовый форум 136

Около 10 тыс. специалистов топливно-энергетического комплекса из 36 стран мира приняли участие в работе 6-го Петербургского Международного газового форума (ПМГФ), который прошел в конгрессно-выставочном центре "Экспофорум" с 4 по 7 октября 2016 г.

Свечи для автомобилей с двигателем, переоборудованным под газовое топливо 139

Сегодня многие АТП оснащают свои автомобили газобаллонным оборудованием (ГБО), переходя с бензинового на газовое топливо. Причина такой модернизации – более низкая стоимость газа по сравнению с бензином. Выбирая ГБО, обычно наводят справки о расходе топлива, безопасности, заправках и т.п. Алексей Савельев, специалист компании Bosch, отвечает на наиболее популярные вопросы о свечах зажигания для автомобилей с двигателями, работающих на газе.

Кузнецова М.В.
75 лет УралАЗу 140

Автомобильный завод "Урал" отметил 75-летие со дня основания. Созданный в 1941 г. автозавод является сегодня ведущим производителем внедорожных грузовиков в России. С конвейера предприятия сходят полноприводные грузовые автомобили грузоподъемностью от 4 до 23 т, вахтовые автобусы пассажировместимостью от 22 до 30 мест, грузопассажирские автомобили. За 75 лет автозавод "Урал" выпустил на дороги всего мира более полутора миллионов грузовиков.

Новости 142–144

Учредитель
ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

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

Зам. главного редактора
А.С. Савченко

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

Состав редакционного совета:
член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов** (Респ. Татарстан, г. Казань)
д.т.н. **В.А. Марков** (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
д.т.н. **Н.Г. Кириллов** (ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)
д.т.н. **И.М. Коклин** (ООО "Газпром Трансгаз Ставрополь")
член-корр. НАН **Ю.Н. Литвишков** (Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван** (Беларусь, г. Минск)
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 28.02.2017 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (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 № ФС77–63954**

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

© ООО "Издательство "Инновационное машиностроение", "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2017

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

Vol. 16. № 3. 2017 г. Published from January, 2002 Periodicity – monthly

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

CONTENTS

SCIENCE

Patrakhaltsev N.N., Vinogradov L.V., Lotfullin Sh.R.

Estimation of opportunities to rise of gas-engine economy and ecology qualities by active displacement regulation 99

There presented some results of rated investigation of opportunities to rise operating econ-omy and ecology qualities of gas-engine by variation of active displacement, which may be achieved by some cylinders disconnection. There presented that during realization a typical 13-steps working cycle may be achieved rising of economy for 13,5 % and reduction of CO and CH pollution for 35 and 22 % accordingly.

Markov V.A., Zykov S.A., Biryukov V.V., Sa Bowen

Viscosityc characteristics of multicomponent and emulsified fuels 105

The depletion of oil fields and the deteriorating environmental situation leads to the need for the search of new alternative sources of energy. Advantages of using fuels of vegetable origin as alternative motor fuels are shown. Viscosity characteristics of multicomponent and emulsi-fied fuels are investigated.

Grushnikov V.A.

Practical implementation of power sistem with the integrated electromobility 122

One of the major problems on the way of broad electromobilization is safety and reliability of power supply which functions are implemented by electrofilling infrastructure with economic and eco-friendly accumulator charging of electric vehicles. Let's try to understand what it has to be in respect of use of the concrete devices which are built in an integrated power supply system.

Mamedov A.P., Salmanova Ch.K., Ahmadbekova S.F., Abdullayeva Yu.A., Shahverdiyeva A.F., Dadashova N.R., Azizbayli E.I.

Photo- and chemiluminescence of hydrocarbon fractions of Absheron oil and their reversible accumulation of light energy 130

Studied photo- and chemiluminescence of 50° fractions of Absheron (marine) oil and its hydrocarbon residue (>500 °C). Considered the effect of thermo- and photoexcitation on their chemiluminescence. It was found that under the influence of photoirradiation, occurs photophysical and photochemical processes, the effectiveness of which, increases with increasing the temperature of boiling fractions. It was found that the solutions of all factions have a variable luminescence, which is the most high-boiling fraction acquires many colors of the rainbow. Installed radical and molecular mechanisms of thermochemiluminescence and photo-thermochemiluminescence, reversible accumulation of light energy and its high efficiency in high-boiling fractions of Absheron oil.

INFORMATION

Savchenko A.S.

6-th St. Petersburg International Gas Forum 136

4–7 October 2016 took part in the 6-th St. Petersburg International Gas Forum (PMGF), which was held in the congress and exhibition center Expoforum about 10 thousand. Specialists from 36 countries of the world fuel and energy complex.

Candles for vehicles with an engine, converted into a gaseous fuel 139

Today, many ATP equip their cars gas equipment (HBO), passing from petrol to gas. The reason for this upgrade – lower cost of gas compared to gasoline. Choosing HBO usually make inquiries about fuel consumption, safety, gas stations, etc. Alexei Saveliev, the Bosch specialist company, answers the most common questions about the spark plugs for vehicles with engines running on gas.

Kuznetsova M.V.

75 years URALAZ 140

Automobile factory "Ural" noted the 75th anniversary of its founding. Created in 1941, the car factory is today a leading manufacturer of off-road trucks in Russia. With pipeline companies go wheel-drive trucks with capacity from 4 to 23 tons, shift buses with passenger capacity of 22 to 30 seats, cargo vehicles. For 75 years, the car factory "Ural" has produced more than half a million trucks on the road around the world.

News 142–144

Founder
LLC "Publishers "Innovative mashinostroenie"

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

Deputy editor
A.S. Savchenko

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

The editorial board:
corresponding member of the AS RT
G.S. D'yaconov
(Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **V.A. Markov**
(Bauman MSTU, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov**
(LLC "IPC Stirling-Technology",
St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **I.M. Koklin**
(LLC "Gazpom Transgaz Stavropol")
corresponding member of the ANAS
Yu.N. Litvishkov
(Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan**
(Belarus, Minsk)
academician of the RANS
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 FS77–63954**

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

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

УДК 621.435.001

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ЕГО АКТИВНОГО РАБОЧЕГО ОБЪЕМА

Н.Н. Патрахальцев, д-р техн. наук; **Л.В. Виноградов,** канд. техн. наук, РУДН, Москва;
Ш.Р. Лотфуллин, генеральный директор ООО "Био Интер", Москва

Приводятся результаты расчетно-экспериментального исследования возможностей повышения средне-эксплуатационной топливной экономичности и снижения токсичности выбросов газового двигателя КАМАЗ путем отключения части цилиндров. Показано, что при реализации 13-ступенчатого испытательного цикла можно отключением четырех цилиндров на режимах малых нагрузок ожидать повышения топливной экономичности двигателя до 13,5 %, а также достигнуть снижения удельных выбросов CO, CH соответственно до 35 и 22 % при некотором повышении выбросов оксидов азота по сравнению с показателями полноразмерного двигателя.

Ключевые слова: газовый двигатель; альтернативное топливо; природный газ; эксплуатационная топливная экономичность; снижение токсичности; малые нагрузки; отключение цилиндров; изменение активного рабочего объема двигателя.

ESTIMATION OF OPPORTUNITIES TO RISE OF GAS-ENGINE ECONOMY AND ECOLOGY QUALITIES BY ACTIVE DISPLACEMENT REGULATION

Patrakhaltsev N.N., Dr. of technical sciences; **Vinogradov L.V.,** Ph.D. of technical sciences, RUDN, Москва;
Lotfullin Sh.R., LLC Bio Inter, Москва

There presented some results of rated investigation of opportunities to rise operating economy and ecology qualities of gas-engine by variation of active displacement, which may be achieved by some cylinders disconnection. There presented that during realization a typical 13-steps working cycle may be achieved rising of economy for 13,5 % and reduction of CO and CH pollution for 35 and 22 % accordingly.

Keywords: gas-engine; alternative fuels; natural gas; economy; ecology qualities during exploitation; low loads; disconnection of cylinders; engine with variable displacement.

Применение в ДВС природного газа как альтернативного топлива повышает экономические, экологические и другие эксплуатационные качества двигателей [1]. В условиях эксплуатации двигатели транспортных и ряда других машин длительное время работают на режимах малых нагрузок (МН), что приводит к повышению средне-эксплуатационных расходов топлива, выбросов парникового газа CO_2, снижению экологических качеств машин, надежности, долговечности и пр. [2]. Для улучшения эксплуатационных показателей работы ДВС может применяться метод регулирования двигателя отключением части цилиндров на режимах МН [3]. Этот метод сравнительно широко реально применяется на автомобильных бензиновых двигателях, реже – на автотракторных дизелях. Применение его на газовых двигателях изучено в меньшей степени.

Отключение части цилиндров, сопровождающееся повышением нагрузки на цилиндры, оставшиеся в работе, приводит к повышению удельной экономичности, снижению удельных выбросов

токсичных компонентов и т.д. в соответствии с нагрузочными характеристиками двигателя [4]. Для предварительной оценки (экспресс-оценки) возможностей повышения экономичности работы двигателя в условиях эксплуатации путем отключения части цилиндров может быть применена расчетно-экспериментальная методика (математическая модель), основанная на использовании экспериментальных универсальных характеристик двигателей, т.е. характеристик, на которых в координатах нагрузки (например, крутящего момента M_e) и частоты вращения (n) нанесены параметрические кривые постоянных удельных расходов топлива (g_e) [4]. Анализ эффективности метода отключения цилиндров при работе на заданных режимах МН проводится путем сравнения показателей полноразмерного (ПР) двигателя и двигателя с отключаемыми цилиндрами (ОЦ). При этих сравнениях развиваемые двигателями (ПР и с ОЦ) крутящие моменты (M_e), мощности (N_e), выполняемые двигателями полные работы ($L_{полн}$) сохраняются на данном режиме МН неизменными. То есть воспользоваться этими параметрами как регулируемыми при ОЦ нельзя. Воспользоваться для сравнения показателями среднего эффективного давления (p_e) цилиндра или, соответственно, полноразмерного двигателя, также нельзя, так как они меняются на том же режиме МН в разных цилиндрах и не имеют физического смысла для всего двигателя с ОЦ, у которого при неизменности конструктивного параметра – рабочего объема – меняется активный рабочий объем, т.е. сумма рабочих объемов не выключенных цилиндров. По существу, для двигателя с ОЦ активный рабочий объем превращается в регулируемый параметр. В этих условиях целесообразно воспользоваться показателями удельной работы ($L_{уд}$), выполняемой каждым из двигателей (ПР или с ОЦ). Для ПР двигателя выполняемая им удельная работа составляет

$$L_{уд}^{ПР} = L_{полн} / (iV_h) \text{ Дж / дм}^3, \quad (1)$$

где iV_h – конструктивный показатель двигателя – его рабочий объем при общем числе цилиндров i и рабочем объеме одного цилиндра V_h.

Для двигателя с ОЦ при выполнении той же полной работы удельная работа составит

$$L_{уд}^{ОЦ} = L_{полн} / (zV_h) \text{ Дж / дм}^3, \quad (2)$$

где z – число активных (работающих) цилиндров двигателя, а величина zV_h – активный рабочий объем двигателя с ОЦ. Таким образом, регулирование двигателя отключением цилиндров представляет собой регулирование активного рабочего объема двигателя и, следовательно, изменение удельной работы, выполняемой двигателем с ОЦ.

При известности M_e полная работа, выполняемая полноразмерным двигателем (а следовательно, и двигателем с ОЦ на этом же режиме МН), равна

$$L_{полн} = 2\pi M_e \text{ Дж}. \quad (3)$$

А удельные работы составят соответственно:

$$L_{уд}^{ПР} = 2\pi M_e / (iV_h) \text{ Дж / дм}^3, \quad (4)$$

$$L_{уд}^{ОЦ} = 2\pi M_e / (zV_h) \text{ Дж / дм}^3. \quad (5)$$

Для того чтобы воспользоваться универсальной характеристикой исследуемого двигателя, необходимо ординату M_e заменить ординатой $L_{уд}$, как это показано на рис. 1, где приведена экспериментальная универсальная характеристика газового двигателя КАМАЗ с моноподачей газа EControls. Двигатель предназначен для большегрузных автомобилей, автобусов, коммунальной, строительной, сельскохозяйственной и т.п. техники.

Шкала с ординатой M_e применима для полноразмерного двигателя, а шкала с ординатой $L_{уд}$ – для обоих вариантов двигателей, т.е. как полноразмерного, так и регулируемого отключением цилиндров.

Изложенная расчетно-экспериментальная методика (математическая модель) применима при справедливости допущения, что абсолютные значения механических потерь в двигателях ($M_м$, $N_м$, $L_м$, $p_м$), как ПР, так и с ОЦ, не зависят от нагрузки, от числа активных цилиндров, а зависят только от частоты вращения вала двигателя.

Поддержание исходного уровня нагрузки при отключении части цилиндров достигается увеличением индикаторных показателей момента, мощности и т.п. активных цилиндров.

Показанная методика применима для двигателей без наддува или с механическим наддувом, или с регистровым и другим регулируемым наддувом. В противном случае требуется корректировка по составу смеси. Очевидно также, что в простейшем случае выключение цилиндра из работы выполняется прекращением подачи в него газа и выключением зажигания.

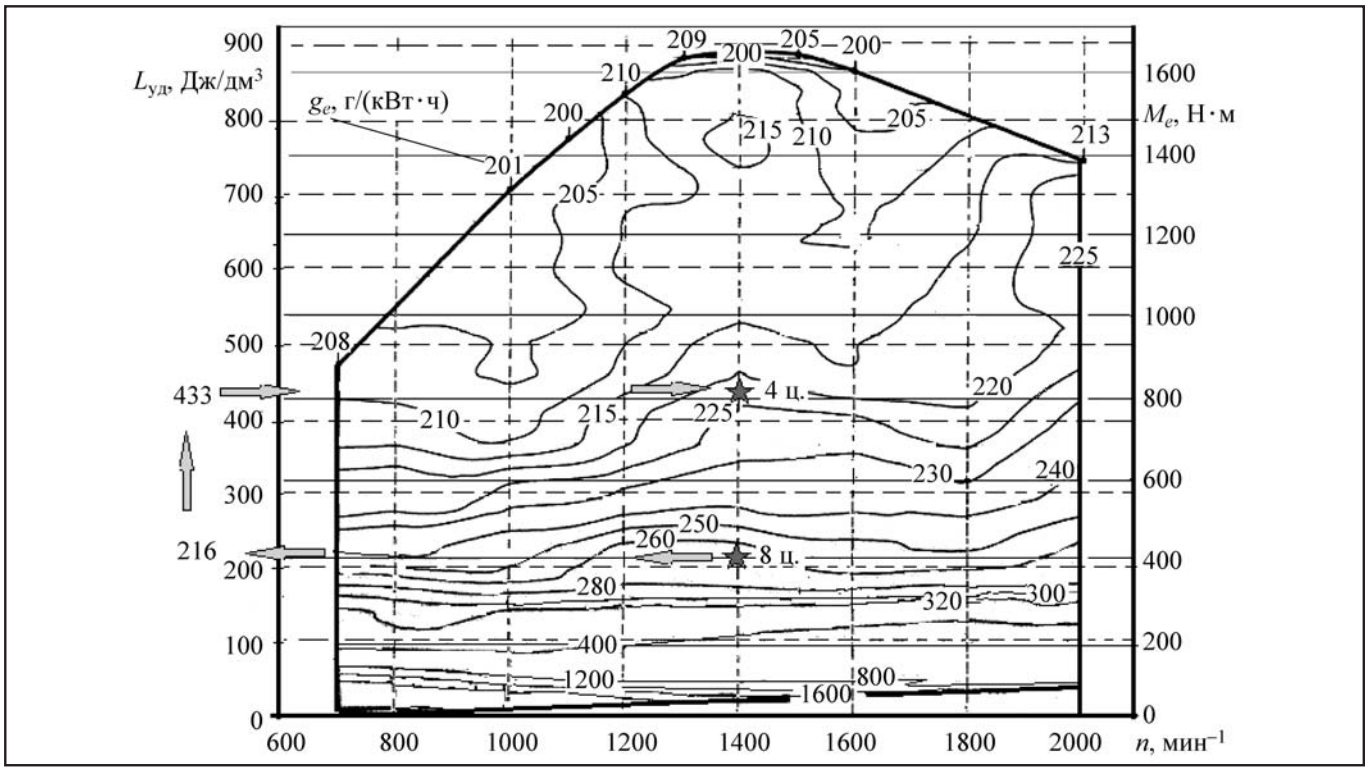


Рис.1. *Полученная экспериментально универсальная (многопараметровая) характеристика по показателям удельных эффективных расходов топлива (g_e) газового двигателя КАМАЗ в координатах M_e – n и перестроенная в координаты $L_{уд}$ – n*

На графике приведен пример реализации полноразмерным двигателем (8 ц.) режима n = = 1400 мин$^{-1}$ при уровне малой нагрузки M_e = = 400 Н·м (т.е. ~25 % от уровня ВСХ) и $L_{уд}^{ПР}$ = = 216 Дж/дм^3. Звездочками и стрелками показано, что в этом случае $g_e^{ПР}$ = 265 г/(кВт·ч). Если этот же нагрузочный режим реализовать на четырех цилиндрах (4 ц.), то $L_{уд}^{ОЦ}$ составит 433 Дж/дм^3, а $g_e^{ОЦ-}$ = 221г/(кВт·ч) и экономия топлива составит ~16 % от уровня расхода полноразмерным двигателем.

С использованием изложенной расчетно-экспериментальной методики проведен анализ возможности экономии топлива при выполнении 13-ступенчатого испытательного цикла двигателем полноразмерным (ПР) и двигателем с отключением четырех цилиндров (ОЦ). Ступени 1, 2, 7, 12 и 13 цикла реализуются при минимальной частоте вращения (800 мин$^{-1}$). Ступени 3, 4, 5, 6 – при частоте максимального крутящего момента (1400 мин$^{-1}$). Ступени 8, 9, 10, 11 – при номинальной частоте вращения (2000 мин$^{-1}$).

Результаты моделирования режимов 13-ступенчатого цикла сведены в табл. 1.

В таблице параметры ступени 3 выделены жирным шрифтом и использованы в иллюстрации примера реализации модели на рис. 1.

По результатам моделирования построены гистограммы (рис. 2), где видно, что экономия топлива достигается на режимах ступеней 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12 и 13.

С использованием изложенной расчетно-экспериментальной методики проведен анализ возможности снижения токсичности выбросов при отключении цилиндров и реализации газовым двигателем 13-ступенчатого исследовательского цикла работы двигателя.

На рис. 3 показана универсальная характеристика с нанесенными параметрическими кривыми постоянных удельных выбросов углеводородов (g_{CH}).

Результаты моделирования выбросов углеводородов показаны в табл. 2.

Суммарный выброс углеводородов при реализации цикла составил 1,56 кг. Средний за цикл ча-

Таблица 1

Результаты моделирования режимов 13-ступенчатого цикла

№ ступ. цикла	Доля										
	M_e от ВСХ	M_e Н·м	N_e кВт	$L_{полн}$ Дж	$L_{уд}^{ПР}$ Дж/дм^3	$g_e^{ПР}$ г/(кВт·ч)	$G_Т^{ПР}$ кг/ч	z	$L_{уд}^{ОЦ}$ Дж/дм^3	$g_e^{ОЦ}$ г/(кВт·ч)	$G_Т^{ОЦ}$ кг/ч
1	0,1	100	8	628	53	1200	10,1	4	107	330	2,8
2	0,1	162	24	1017	87	500	11,9	4	173	278	6,6
3	0,25	405	59	2543	216	265	15,7	4	433	221	13,1
4	0,5	810	119	5087	433	222	26,4	4	865	210	24,9
5	0,75	1215	178	7630	649	212	37,8	8	649	213	37,9
6	1	1620	237	10174	865	210	49,9	8	865	210	49,9
7	0,1	100	8	628	53	1200	10,1	4	107	330	2,8
8	1	1400	293	8792	748	214	62,7	8	748	214	62,7
9	0,75	1050	220	6594	561	222	48,8	8	561	223	49,0
10	0,5	700	147	4396	374	237	34,7	4	748	214	31,4
11	0,25	350	73	2198	187	280	20,5	4	374	235	17,2
12	0,1	140	29	879	75	700	20,5	4	150	320	9,4
13	0,1	100	8	628	53	1200	10,1	4	107	330	2,8

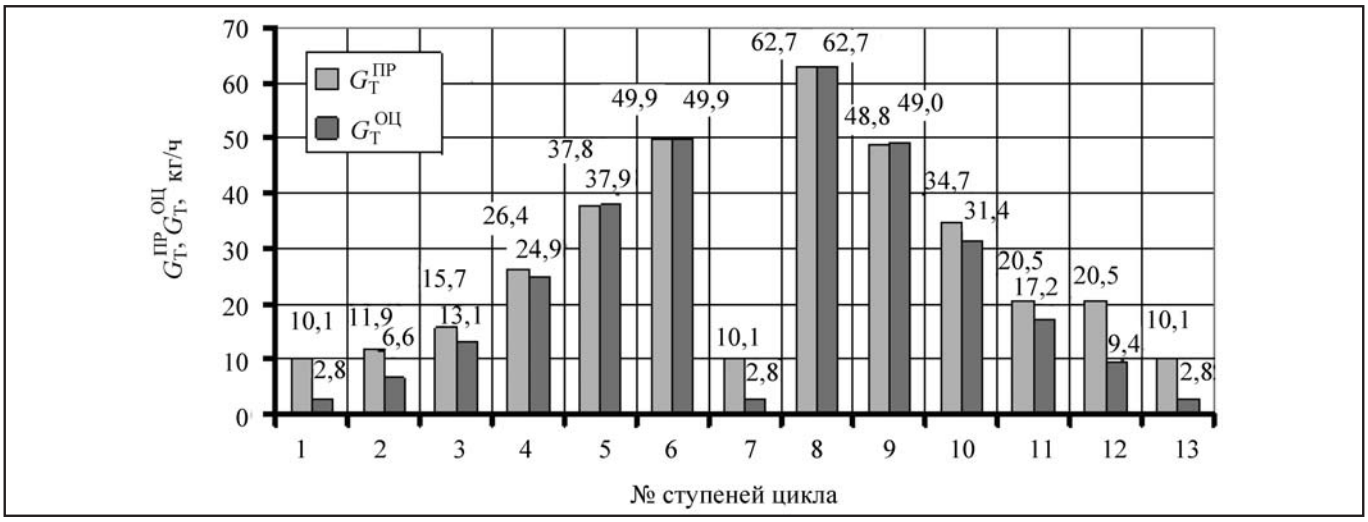


Рис. 2. *Гистограммы изменения часовых расходов топлива газовым двигателем КАМАЗ полноразмерным и с отключением четырех цилиндров при малых нагрузках (соответственно $G_Т^{ПР}$ и $G_Т^{ОЦ}$) при реализации режимов ступеней цикла*

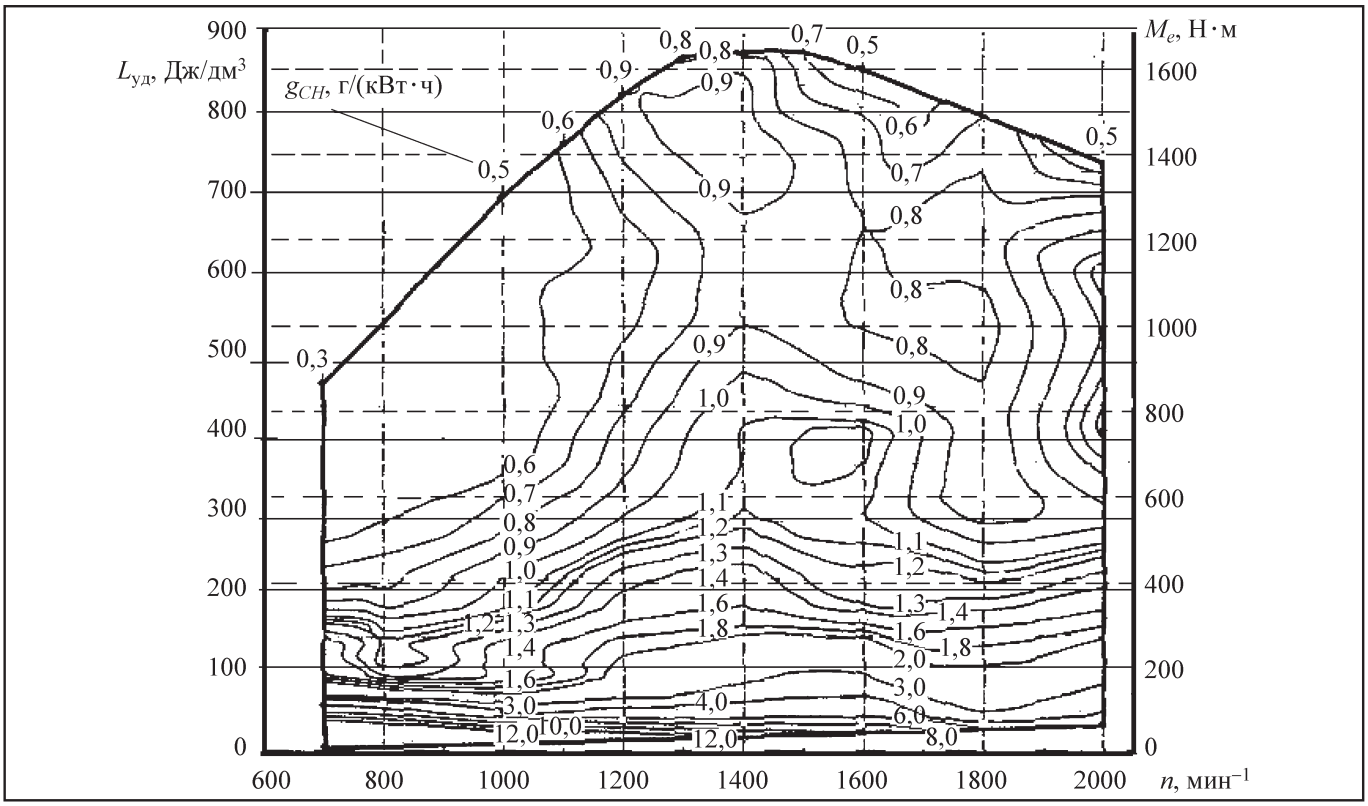


Рис. 3. *Универсальная характеристика газового двигателя КАМАЗ по показателям удельных выбросов углеводородов (g_{CH}), снабженная ординатой удельной работы двигателя ($L_{уд}$)*

Таблица 2

Результаты моделирования выбросов углеводородов газовым двигателем КАМАЗ при работе на режимах 13-ступенчатого цикла

№ ступ. цикла	Доля									
	M_e от ВСХ	M_e Н·м	N_e кВт	$L_{полн}$ Дж	$g_{CH}^{ПР}$	$G_{CH}^{ПР}$	z	$L_{уд}^{ОЦ}$	$g_{CH}^{ОЦ}$	$G_{CH}^{ОЦ}$
1	0,1	100	8	628	5	0,0419	4	107	1,19	0,0100
2	0,1	162	24	1017	3	0,0712	4	173	1,65	0,0392
3	0,25	405	59	2543	1,5	0,0891	4	433	1,05	0,0623
4	0,5	810	119	5087	1,05	0,1247	4	865	0,85	0,1009
5	0,75	1215	178	7630	0,89	0,1585	8	649	0,89	0,1585
6	1	1620	237	10174	0,8	0,1900	8	865	0,85	0,2019
7	0,1	100	8	628	5	0,0419	4	107	1,19	0,0100
8	1	1400	293	8792	0,5	0,1466	8	748	0,5	0,1466
9	0,75	1050	220	6594	1,2	0,2639	8	561	1,2	0,2639

Окончание табл. 2

№ ступ. цикла	Доля									
	M_e от ВСХ	M_e Н·м	N_e кВт	$L_{полн}$ Дж	$g_{CH}^{ПР}$	$G_{CH}^{ПР}$	z	$L_{уд}^{ОЦ}$	$g_{CH}^{ОЦ}$	$G_{CH}^{ОЦ}$
10	0,5	700	147	4396	1,25	0,1832	4	748	0,5	0,0733
11	0,25	350	73	2198	1,55	0,1136	4	374	1,2	0,0880
12	0,1	140	29	879	3,2	0,0938	4	150	1,6	0,0469
13	0,1	100	8	628	5	0,0419	4	107	1,19	0,0100

совой выброс *CH* составил $G_{сн.ср.ц}$ = 1,56/13 = = 0,12 кг/ч. А удельный выброс *CH* составил $g_{сн.ср.ц}$ = 1,11 г/(кВт·ч).

Суммарный выброс *CH* при реализации цикла и регулировании двигателя отключением цилиндров по алгоритму $z = 4 – 8$ составил 1,21 кг. Средний за цикл часовой выброс *CH* составил $G'_{сн.ср.ц}$ = = 1,26/13 = 0,097 кг/ч. А удельный выброс *CH* составил $g'_{сн.ср.ц}$ = 0,862 г/(кВт·ч).

Таким образом, отключение четырех цилиндров на режимах малых нагрузок 13-ступенчатого цикла позволяет снизить выбросы *CH* на величину до 22 %.

Аналогичный анализ проведен с использованием универсальных характеристик газового двигателя КАМАЗ по показателям удельных выбросов CO и NO_x. Сравнение результатов по двигателю в разных исполнениях (ПР и с ОЦ) приведено на рис. 4. Здесь относительное изменение удельного показателя определяется соотношением:

$$\Delta g = ((g^{ПР} - g^{ОЦ}) / g^{ПР}) \cdot 100\ \%.$$

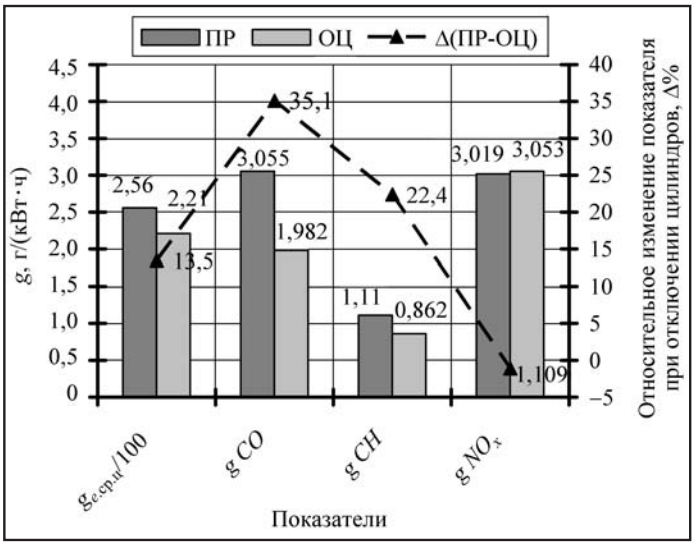


Рис. 4. *Удельные расходы топлива ($g_{e.ср.ц}/100$) и удельные выбросы вредных веществ (g_{CO}, g_{CH}, g_{NO_x}), средние при реализации 13-ступенчатого цикла, а также изменения показателей относительно полноразмерного двигателя (ПР) при отключении четырех цилиндров (ОЦ)*

Выводы

Анализ показал, что отключением четырех цилиндров на режимах малых нагрузок 13-ступенчатого цикла можно при уменьшении расхода топлива на величины до 13,5 % достигнуть снижения удельных выбросов CO, *CH* соответственно до 35 и 22 %, в то время как удельные выбросы NO_x несколько возрастают (на ~1,1 %). Аналогичным образом изменяются, конечно, часовые выбросы ВВ. А вот их концентрации в ОГ двигателя с ОЦ снижаются еще существеннее (в том числе и оксидов азота), так как ОГ двигателя с ОЦ разжижаются чистым воздухом из отключенных цилиндров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Патрахальцев Н.Н.** Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив. М.: Изд-во РУДН, 2008. 267 с.

2. **Виноградов Л.В., Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н.** Работа дизеля на режимах частичных нагрузок. М.: Изд-во РУДН, 2000. 90 с.

3. **Балабин В.Н.** Регулирование транспортных двигателей отключением части цилиндров. Монография. М.: ГОУ "Учебно-методический центр пообразованию на железнодорожном транспорте", 2007. 143 с.

4. **Патрахальцев Н.Н., Петруня И.А., Камышников Р.О., Савастенко Э.А.** Оценка возможности повышения экономичности автомобиля регулированием рабочего объема двигателя / Автомобильная промышленность. 2014. № 6. С. 10–12.

УДК 620.22, 621.436, 665.334

ВЯЗКОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ И ЭМУЛЬГИРОВАННЫХ ТОПЛИВ

В.А. Марков, д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана;
С.А. Зыков, канд. техн. наук, МСХА им. К.А. Тимирязева;
В.В. Бирюков, Са Бовэнь, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Истощение запасов нефтяных месторождений и ухудшающаяся экологическая обстановка приводят к необходимости поиска новых альтернативных источников энергии. Показаны преимущества использования топлив растительного происхождения в качестве альтернативных моторных топлив. Исследованы вязкостные характеристики многокомпонентных и эмульгированных топлив.

Ключевые слова: дизельный двигатель; нефтяное дизельное топливо; альтернативное топливо; растительное масло; рапсовое масло; этанол; эмульгированное топливо; смесевое биотопливо; вязкость.

VISCOSITY CHARACTERISTICS OF MULTICOMPONENT AND EMULSIFIED FUELS

Markov V.A., Dr. of technical sciences; **Zykov S.A.,** Ph.D. of technical sciences;
Biryukov V.V., Sa Bowen

The depletion of oil fields and the deteriorating environmental situation leads to the need for the search of new alternative sources of energy. Advantages of using fuels of vegetable origin as alternative motor fuels are shown. Viscosity characteristics of multicomponent and emulsified fuels are investigated.

Keywords: diesel engine; oil diesel fuel; alternative fuel; vegetable oil; rapeseed oil; ethanol; emulsified fuel; biofuel mixture; viscosity.

Современный этап развития энергетики характеризуется неизбежным истощением мировых запасов полезных ископаемых при одновременном увеличении энергопотребления. По прогнозам к 2020 г. потребление энергоресурсов составит 18–20 млрд т в год в нефтяном эквиваленте [1, 2]. Ожидается, что к середине нынешнего столетия рост потребления первичных ресурсов по сравнению с 2010 г. удвоится и составит около 28 млрд т в нефтяном эквиваленте. При этом возрастет роль возобновляемых энергетических ресурсов. Планируется, что через ближайшие 10 лет доля возобновляемых источников энергии в энергобалансе ведущих промышленных стран составит от 10 до 30 % [1, 2]. Так, в соответствии с данными работы [3] к 2019 г. объем рынка "чистых" технологий составит 325,9 млрд долл. США (рис. 1). При этом рынок биотоплив оценивается в 112,5 млрд долл. (около 30 % всех возобновляемых источников энергии).

В связи с указанной тенденцией в сравнительно недалекой перспективе сырьевая база для производства энергоносителей для мобильных и стационарных энергетических установок существенно расширится. Их будут производить не только из полезных ископаемых, но и из возобновляемых источников энергии (биомасса, растительные масла, спирты и др.).

Среди альтернативных топлив растительного происхождения для автомобильных дизелей относительно широкое распространение нашли рапсовое масло (РМ), биодизельное топливо – сложные метиловые эфиры рапсового масла (МЭРМ) и эти-

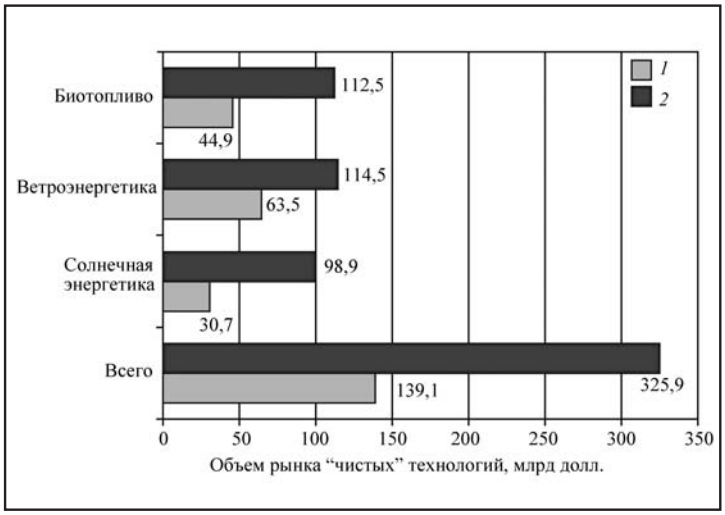


Рис. 1. *Прогноз развития мирового рынка "чистых" технологий до 2019 г.:*
1 – 2009 г.; *2* – 2019 г.

ловый спирт (ЭС) – этанол. Это объясняется хорошими экологическими качествами этих биотоплив, вызванными наличием в составе их молекул значительного количества атомов кислорода, и приемлемыми моторными свойствами (см. табл. 1) [4, 5]. Немаловажным фактором являются и сравнительно невысокие финансовые затраты на производство РМ, МЭРМ и ЭС. Имеющиеся отличия их физико-химических свойств от аналогичных свойств традиционного нефтяного дизельного топлива (ДЛ), см. табл. 1,

Таблица 1

Физико-химические свойства нефтяного дизельного топлива и биотоплив

Физико-химические свойства	Топлива			
	ДТ	РМ	МЭРМ	ЭС
Условная формула состава	$C_{16,2}H_{28,5}$	$C_{57,0}H_{101,6}O_6$	$C_{20,2}H_{37,6}O_2$	C_2H_5OH
Молекулярная масса	223,30	883,04	312,52	46,07
Плотность при 20 °С, кг/м^3	840	921	877	790
Вязкость кинематическая, мм^2/с при:				
20 °С	3,8	75,0	7,5	1,5
40 °С	2,4	36,0	4,4	1,1
100 °С	1,0	8,1	1,8	–
Коэффициент поверхностного натяжения при 20 °С, мН/м	27,1	33,2	30,7	22,4
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 300	37 800	27 500
Теплота испарения, кДж/кг	250	–	–	870
Давление насыщенных паров при 20 °С, кПа	0,10	–	–	15,8
Цетановое число	45	36	48	8
Температура самовоспламенения, °С	250	318	230	426
Температура застывания, °С	–35	–20	–13	–115
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,3	12,5	12,6	9,0
Содержание, % по массе:				
С	87,0	77,0	77,6	52,1
Н	12,6	12,0	12,2	13,2
О	0,4	11,0	10,2	34,7
Содержание серы, % (масс.)	0,20	0,002	0,002	–
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,20	0,40	0,30	0
Примечание: "–" – свойства не определялись.				

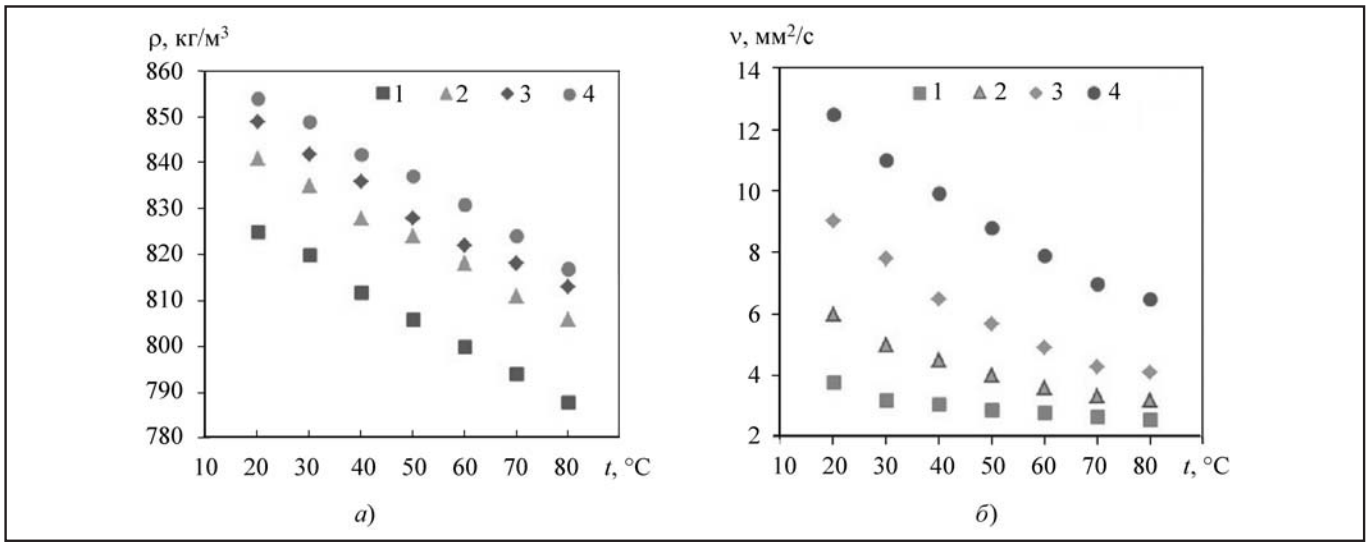


Рис. 2. *Зависимость плотности (а) и кинематической вязкости (б) смесей нефтяного ДТ и РМ от температуры:*
1 – 100% ДТ; *2* – 90% ДТ +10% РМ; *3* – 80% ДТ +20% РМ; *4* – 70% ДТ +30% РМ

в значительной степени сглаживаются при использовании смесей ДТ с РМ, МЭРМ и ЭС, а также при смешивании РМ, МЭРМ и Э между собой. При этом указанные биотоплива могут рассматриваться как кислородсодержащие присадки (оксигенаты) к нефтяному ДТ.

Важным аспектом практического использования рассматриваемых биотоплив являются физические свойства этих биотоплив, в первую очередь – их плотность и вязкость. Плотность топлива является его энергетическим показателем. Чем выше плотность топлива, тем больше энергии выделяется в процессе его сгорания. Кроме того, плотность топлива предопределяет дальнобойность топливных струй, распространяющихся в камере сгорания дизеля. Одним из основных эксплуатационных свойств дизельного топлива является вязкость. Под вязкостью понимают способность частиц (молекул) дизельного топлива противостоять взаимному перемещению относительно друг друга под действием приложенных внешних сил. Этот параметр важен для процессов нагнетания топлива и его последующего впрыскивания. Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле. Низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыливание топлива, что улучшает сгорание. С повышением плотности и вязкости увеличивается диаметр капель, ухудшается полное их сгорание, увеличивается удельный расход топлива, растет дымность продуктов сгорания. Вязкость влияет также на смазывающие характеристики топлива. Слишком низкая вязкость топлива ведет к повышенному износу плунжерных пар форсунок, слишком высокая – ухудшает фильтрацию топлива и затрудняет работу топливных насосов. Вязкость дизельного топлива должна находиться в пределах от 1,8 до 7,0 мм^2/с. В этом случае износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных двигателей находится в приемлемых пределах.

Таким образом, актуальными являются исследования вязкости и вязкостно-температурных характеристик биодизельного топлива. При этом вязкость растительных масел на порядок выше вязкости нефтяного ДТ (см. табл. 1). В связи с этим целесообразно использование смесей нефтяного ДТ с растительными маслами [4–7]. Многочисленные проведенные исследования показали, что применение смесей ДТ с растительными маслами и их эфирами позволяет значительно улучшить показатели токсичности отработавших газов (ОГ) дизелей [8–12].

Смеси нефтяного ДТ с растительными маслами с определенным содержанием указанных компонентов имеют приемлемые плотность и вязкость. Об этом свидетельствуют, в частности, результаты исследований, проведенные в работе [13]. Вначале исследована зависимость плотности ρ и кинематической вязкости ν чистого ДТ и РМ, смешиваемых в различных пропорциях , от температуры. Объемная доля РМ в смесях с ДТ составляла 10, 20 и 30 %. Результаты этих исследований представлены на рис. 2.

Как следует из рис. 1, плотность и кинематическая вязкость смесей ДТ и РМ заметно отличаются от аналогичных свойств чистого ДТ. По ГОСТ 305–82 плотность топлива для дизелей должна быть в пределах $\rho = 860$ кг/м^3, а вязкость не должна превышать $\nu = 6$ мм^2/с при $t = 20$ °С [14]. В связи с этим по данным рис. 2 следует отметить, что максимальная концентрация РМ в смеси не может превышать 10 % по значению вязкости (5,97 мм^2/с). Плотность смеси РМ-10 (841 кг/м^3) находится в пределах нормы по указанному ГОСТу. Дальнейшее увеличение объемной концентрации РМ в смеси и, соответственно, вязкости, может неблагоприятно повлиять на работу топливной системы и двигателя в целом. Вязкое топливо плохо прокачивается по элементам топливоподающей аппаратуры, возможна потеря подвижности плунжеров топливного насоса высокого давления (ТНВД), нагнетательных клапанов, игл форсунок. Плохое качество распыливания вязкого топлива сопровождается ухудшением качества процессов смесеобразования и сгорания, снижением показателей топливной экономичности и токсичности ОГ.

Таким образом, высокая концентрация РМ в смеси с нефтяным ДТ может потребовать внесения изменений в конструкцию топливной аппаратуры из-за значительного повышения кинематической вязкости такой смеси. Кроме того, вязкость такого смесевого биотоплива сильно зависит от его температуры, и при низких температурах окружающей среды она может оказаться чрезмерной.

Избежать повышенной вязкости указанных смесевых биотоплив можно с помощью маловязких присадок, уменьшающих вязкость рассматриваемых смесевых биотоплив. Максимальное приближение вязкости смесевых биотоплив к свойствам нефтяного ДТ может быть достигнуто путем добавления в биотоплива, получаемые из растительных масел, легких нефтяных или альтернативных топлив (легких индивидуальных углеводородов, газовых конденсатов, простейших спиртов, диметилового эфира). В работах [4, 5, 15] рассмотрена возможность использования для дизеля многокомпонентного смесевого биотоплива, полученного добавлением в смесь ДТ и РМ нефтяного топлива с легким фракционным составом – бензина. Эта добавка позволяет существенно снизить вязкость получаемого в результате такого смешения многокомпонентного биотоплива. При этом в качестве маловязкого топлива выбран бензин АИ-80, имеющий сравнительно высокое (по сравнению с другими бензинами) цетановое число (ЦЧ = 20) [16, 17]. Работоспособность дизельных двигателей при добавлении бензина в топлива с более тяжелым фракционным составом уже подтверждена рядом проведенных исследований дизелей, работающих не только с добавками бензина в ДТ, но и на чистом бензине [17, 18].

В работе [15] исследованы вязкостно-температурные характеристики многокомпонентного биотоплива с добавкой бензин АИ-80. Данные рис. 3 подтверждают возможность получения вязкостных характеристик указанных многокомпонентных смесевых биотоплив, максимально приближенных к аналогичным характеристикам нефтяного ДТ. В частности, при $t = 20$ °С кинематическая вязкость исследуемого ДТ марки "З" по ГОСТ 305–82 составила $\nu = 2{,}37$ мм^2/с, а кинематическая вязкость смеси 85 % ДТ, 5 % РМ и 10 % АИ-80 была равна $\nu = 2{,}127$ мм^2/с.

В качестве маловязких присадок к смесям ДТ и РМ могут быть использованы предельные одноатомные спирты (метанол, этанол, пропанол, изопропанол), которые благодаря своим физико-химическим свойствам служат эффективными разбавителями [19, 20]. Использование топливных смесей с добавками этанола достаточно хорошо

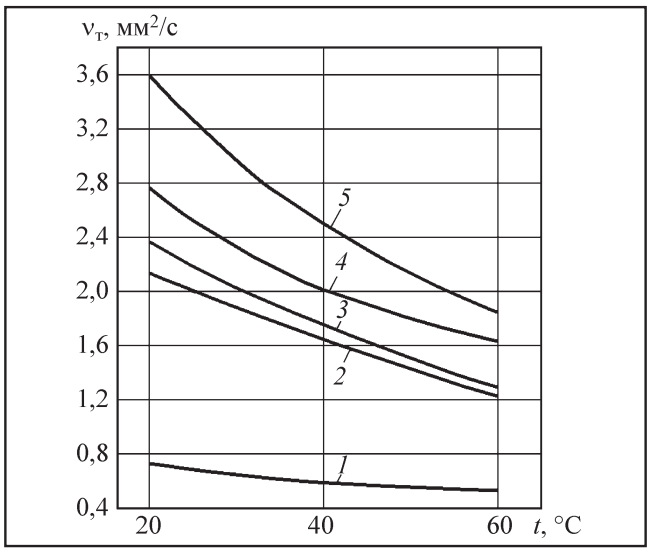


Рис. 3. *Вязкостно-температурные характеристики многокомпонентных биотоплив с добавкой бензина АИ-80:*
1 – АИ-80; *2* – 85 % ДТ, 5 % РМ и 10 % АИ-80; *3* – ДТ; *4* – 80 % ДТ, 10 % РМ и 10 % АИ-80; *5* – 70 % ДТ, 20 % РМ и 10 % АИ-80

изучено [4, 5, 21–23]. Исследованы, например, смеси биоэтанол–дизель–биодизель [24, 25], биоэтанол–бензин [26], биоэтанол–дизель [27, 28]. Для изучения воздействия предельных спиртов на вязкость смесей ДТ и РМ в работе [13] были проведены исследования возможностей использования в качестве растворителей наиболее распространенных и доступных спиртов этанола и изопропанола (применение для этих целей метанола сдерживается его токсичностью и требованиями строгих мер безопасности).

На первом этапе исследовалась разбавляющая способность этанола как наиболее распространенного и доступного спирта. Этанол – это одноатомный спирт с формулой состава C_2H_5OH. При нормальных условиях он представляет собой бесцветную летучую жидкость с характерным запахом. Температура кипения этанола составляет 78,4 °С [29]. Его получают путем гидратации этилена или брожения биопродуктов, после чего он проходит очистку (фракционную перегонку) для дальнейшего промышленного применения. Фракционная перегонка освобождает этанол как от легколетучих, так и от тяжелых фракций органических веществ и позволяет получить этиловый спирт с концентрацией около 95,6 % масс. В итоге получают неразделимую азеотропную смесь, содержащую около 4,4 % воды. Такой спирт не смешивается с нефтепродуктами и растительными маслами, что усложняет его применение в качестве добавки к топливу. В ряде случаев эта смесь подвергается обработке специальными поглощающими воду веществами (негашеной известью или прокаленным медным купоросом) с целью получения абсолютированного спирта, практически не содержащего воду.

При нормальной температуре (t = 20 °С) добавление абсолютированного этанола в смеси ДТ и РМ сопровождается расслаиванием смесевого биотоплива. Указанное расслоение смесевого биотоплива происходит до температуры около 35 °С. И только при t = 40 °С этанол полностью смешивается со смесью ДТ и РМ. Таким образом, для стабильного работы дизеля на смесях ДТ, РМ и абсолютированного этанола необходим предварительный прогрев смеси до температуры 40 °С.

Другим широко распространенным спиртом является изопропиловый спирт (ИПС) – простейший вторичный одноатомный спирт с формулой состава $CH_3CH(OH)CH_3$. Он широко применяется как технический спирт в средствах для чистки стекол и оргтехники, как растворитель в промышленности. В этом спирте хорошо растворяются многие эфирные масла, алкалоиды, некоторые синтетические смолы и другие химические соединения. Температура кипения ИПС составляет 82,4 °С (выше, чем у этанола), а его плотность несколько ниже (785 кг/м^3, у этанола – 789 кг/м^3) [29].

Для оценки влияния добавки ИПС в смеси ДТ и РМ на плотность и кинематическую вязкость были исследованы нефтяное ДТ, а также смеси ДТ и РМ с объемным содержанием растительного масла 10, 15 и 20 % с добавками ИПС в количестве 5, 10 и 15 % по объему. В отличие от этанола, при температуре 20 °С смешивание 5 и 10 % ИПС с ДТ и РМ проходило без расслаивания биотоплива. Смешивание ДТ и РМ с 15 % ИПС и более сопровождалось расслаиванием смеси, поэтому объем ИПС в исследуемых биотопливных смесях не превышал 10 %. Результаты исследований представлены на рис. 4.

Исследования подтвердили выраженную зависимость плотности и вязкости исследуемых многокомпонентных смесевых биотоплив от содержания ИПС в смеси. Как следует из рис. 4, при добавлении 5 % ИПС в смесь 85 % ДТ и 15 % РМ кинематическая вязкость этой смеси снижается с 7,4 до 6,0 мм^2/с, при этом плотность уменьшается с 845 до 840 кг/м^3, что соответствует требованиям ГОСТ 305–82. При добавлении 10 % ИПС вязкость смеси 80 % ДТ и 20 % РМ снижается до уровня, регламентированного ГОСТ 305–82 – от 9 до 6 мм^2/с. При этом плотность уменьшается от 849 до 841 кг/м^3, что также соответствует требованиям ГОСТ 305–82 к плотности и вязкости нефтяного ДТ.

Результаты исследований работы [13] подтвердили возможность использования изопропилового спирта в качестве разбавляющего компонента для смесей ДТ и РМ. Однако его применение ограничено вследствие расслоения этого смесевого биодизельного топлива при большом содержании рапсового масла и изопропилового спирта.

Таким образом, использование биотоплив, содержащих рапсовое масло (РМ), сложный метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ) и этиловый спирт (ЭС) возможно в двух направлениях. Либо это полностью растворимые друг в друге компоненты, либо эмульгированные биотоплива – эмульсии нефтяного ДТ, воды, рапсового масла и

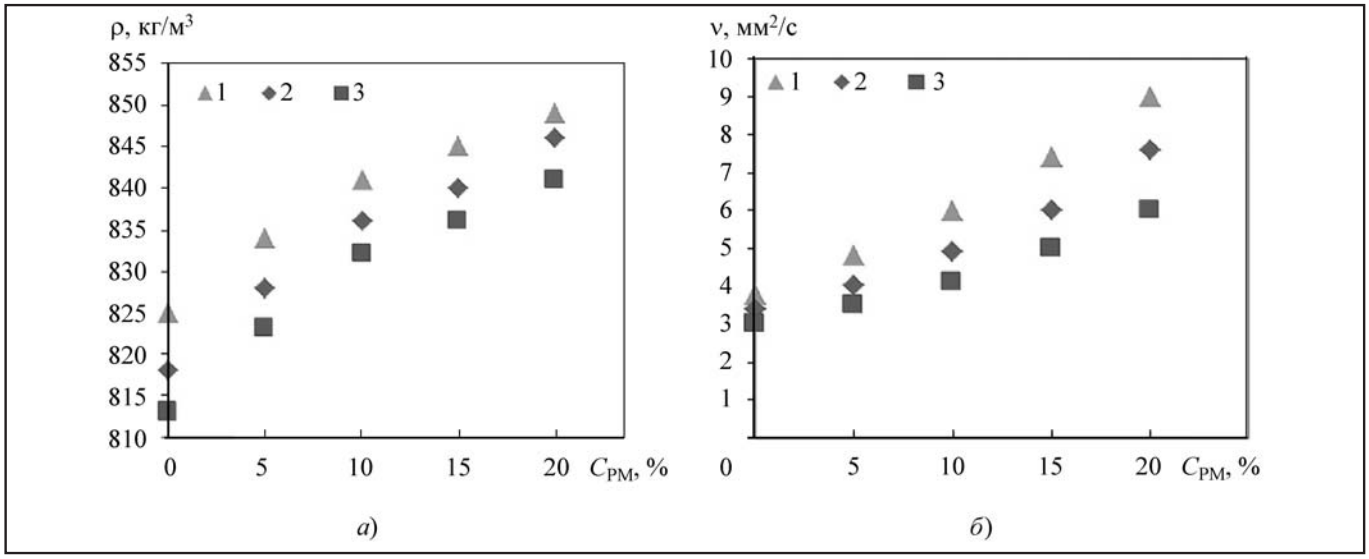


Рис. 4. *Зависимость плотности (а) и кинематической вязкости (б) смесей нефтяного ДТ и РМ от температуры и добавки ИПС:*
1 – без ИПС; 2 – с 5 % ИПС; 3 – с 10 % ИПС

этилового эфира. Второе направление представляется более сложным из-за необходимости создания стойких эмульгированных топлив. Но оно имеет и некоторые преимущества.

Наличие в эмульгированном топливе легкокипящих компонентов – воды, этанола и др., обладающих высокой теплотой испарения (у нефтяного ДТ – 250 кДж/кг, у этанола – 870 кДж/кг, см. табл. 1), приводит к значительному снижению температур сгорания и, как следствие, к уменьшению образования оксидов азота в камере сгорания дизеля. Еще один эффект от применения таких эмульгированных топлив связан с улучшением качества процесса смесеобразования, вызванного различными температурами парообразования (выкипания) компонентов смесевого топлива. В частности, при использовании эмульсий нефтяного ДТ и воды из-за более низкой температуры кипения (парообразования) воды при нагреве частиц воды, содержащихся в эмульгированном топливе, в камере сгорания дизеля они взрывоподобно превращаются в пар, подвергая окружающие их частицы топлива дополнительному дроблению и турбулентному перемешиванию за счет выбросов паров воды из капель топлива. Аналогичный эффект возникает и при использовании эмульсий рапсового масла и этанола. В этом случае легкокипящий этанол при испарении турбулизирует частицы растительного масла, способствуя их быстрому распаду в камере сгорания дизеля.

В связи с указанными факторами использование эмульгированных топлив рассматривается в настоящее время в качестве эффективного средства уменьшения выбросов наиболее значимого токсичного компонента ОГ дизелей – оксидов азота NO_x, а также сажи или твердых частиц [30–32]. При этом определенный интерес представляют сравнительные исследования вязкостно-температурных характеристик обычных смесевых биотоплив и эмульгированных топлив. Однако эти исследования сопряжены с определенными трудностями, вызванными зависимостью вязкости эмульгированных топлив от многих факторов – типа эмульсии (вода в топливе или топливо в воде), соотношения смешиваемых компонентов, способа и условий получения эмульсии, дисперсности частиц эмульгированного вещества, наличия в эмульсии поверхностно-активных веществ и механических примесей. При этом вязкость эмульсии не является аддитивным свойством, т.е. она не равна сумме вязкостей топлива и воды [33].

Следует отметить, что известен ряд работ, посвященных проблемам использования смесевых и эмульгированных топлив в дизелях [30–39]. Вместе с тем, в связи с расширением видов используемых эмульгированных топлив и необходимостью получения простых и достоверных эмпирических формул, описывающих их вязкость, необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на получение их аппроксимационных

вязкостных характеристик. В уже проведенных исследованиях вязкостных характеристик смесевых жидкостей использованы различные теоретические подходы, основанные на описании взаимодействия компонентов смеси [40–42]. Но получение полностью теоретических формул, описывающих вязкостные характеристики смесей нефтяного ДТ с водой и различными альтернативными топливами, практически невозможно в связи со сложным составом компонентов указанных смесевых топлив. Поэтому для описания вязкостных характеристик смесевых топлив обычно используют полуэмпирические формулы [42].

В предлагаемом исследовании использованы известный логарифмический и предложенный авторами алгебраический аппроксимационные подходы для аппроксимации кинематической вязкости водотопливной эмульсии (ВТЭ) от температуры и ее состава. К первому подходу относится метод Ниссана и Грюнберга [42], позволяющий определить кинематическую вязкость смеси в виде:

$$\ln\nu = \sum_{i}^{n} x_i \ln\nu_i + \sum_{i}^{n}\sum_{j>i}^{n} x_i x_j D_{ij} + \\ + \sum_{i}^{n}\sum_{j>i}^{n}\sum_{k>j}^{n} x_i x_j x_k D_{ijk} + ... + D_{ij...n}\prod_{i}^{n} x_i, \quad (1)$$

где D_{ij}, D_{ijk}, ..., $D_{ij...n}$ – коэффициенты, зависящие от температуры и концентрации компонентов в смеси и учитывающие взаимодействие между компонентами. Значения коэффициентов D_{ij}, D_{ijk}, ..., $D_{ij...n}$ рассчитывались по следующим формулам:

$$D_{ij} = \frac{A_{ij}}{t} + B_{ij},\ D_{ijk} = \frac{A_{ijk}}{t^2} + B_{ijk}, \\ D_{ij...n} = \frac{A_{ij...n}}{t^n} + A_{ij...n}. \quad (2)$$

Коэффициенты A_{ij}, A_{ijk}, ..., $A_{ij...n}$ и B_{ij}, B_{ijk}, ..., $B_{ij...n}$, входящие в выражения (2), определяются методом наименьших квадратов. Они могут быть заданы либо постоянными, либо зависящими от концентрации компонентов в смеси. Их взаимосвязь с концентрацией воды в ВТЭ определяется коэффициентом корреляции R. В этом случае описание зависимости вязкости смеси от температуры может быть задано в виде нелинейной суммы:

$$\ln\nu = A_t + \frac{B_t}{t} + \frac{C_t}{t^2} + D_t t$$

или

$$\nu_t = e^{A_t + \frac{B_t}{t} + \frac{C_t}{t^2} + D_t t}, \quad (3)$$

где коэффициенты A_t, B_t, C_t и D_t также могут быть заданы либо постоянными, либо зависящими от концентрации компонентов в смеси.

Во втором предложенном авторами методе аппроксимации кинематической вязкости ВТЭ используется следующая формула:

$$\nu = \sum_{i}^{n}\left[x_i\left(A_i + \frac{B_i}{t} + C_i\right) + \frac{x_i}{2 - x_i}\left(D_i + \frac{E_i}{t}\right)\right], \quad (4)$$

где A_i, B_i, C_i, D_i, E_i – постоянные коэффициенты, относящиеся к i-му компоненту и определяемые методом наименьших квадратов. С использованием этих двух методов получены аппроксимационные формулы для различных видов смесевых и эмульгированных топлив.

На первом этапе исследований проведен анализ кинематической вязкости некоторых смесевых биотоплив на основе растительных масел. При проведении расчетных исследований использованы экспериментальные данные работы [9] по кинематической вязкости смесей нефтяного ДТ с некоторыми растительными маслами при температуре t = 20 °C (табл. 2).

Для рассматриваемых двухкомпонентных смесей и при t = 20 °C формула (4) имеет вид:

$$\nu_1 = x_1 A_1^* + \frac{x_1}{2 - x_1} D_1^* + x_2 A_2^* + \frac{x_2}{2 - x_2} D_2^*, \quad (5)$$

где ν_1 – кинематическая вязкость смеси, определенная с использованием алгебраического метода; x_1, x_2 – концентрации нефтяного ДТ и растительного масла; A_1^*, D_1^*, A_2^*, D_2^* – коэффициенты, описываемые следующими соотношениями:

$$A_i^* = A_i + \frac{B_i}{t} + C_i;$$

$$D_i^* = D_i + \frac{E_i}{t}$$

Таблица 2

Кинематическая вязкость смесей нефтяного ДТ и растительных масел

Концентрация масел, % / Растительное масло	Кинематическая вязкость [мм²/с] смесей нефтяного ДТ с различными растительными маслами при различной концентрации масел в смеси, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Рапсовое масло (РМ)	4,00	5,50	7,20	9,30	12,30	16,90	22,40	30,20	41,50	58,60	63,90
Подсолнечное масло (ПМ)	3,99	5,47	7,12	9,10	11,98	15,37	20,44	26,79	34,32	49,79	61,60
Соевое масло (СМ)	4,91	6,04	7,31	10,13	15,85	20,60	26,70	33,20	42,30	59,50	73,90
Кукурузное масло (КМ)	4,00	5,56	7,64	9,58	13,43	17,90	23,80	30,10	39,10	55,20	69,30
Горчичное масло (ГМ)	4,79	6,50	8,00	10,80	15,20	20,20	25,60	34,60	46,20	57,00	76,00
Масло *Pongamia Pinnata*	3,94	5,70	6,90	8,30	15,20	16,50	22,40	31,40	52,10	65,50	90,80

и являющиеся постоянными. С использованием исходных данных табл. 2 и метода наименьших квадратов определены величины этих коэффициентов. Их значения приведены в табл. 3.

При логарифмическом подходе к описанию зависимости кинематической вязкости ν_{II} двухкомпонентных смесей нефтяного ДТ и растительных масел формула (1) принимает вид:

$$\ln \nu_{II} = x_1 \ln \nu_1 + x_2 \ln \nu_2 + x_1 x_2 D_{12}$$

или

$$\nu_{II} = \nu_1^{x_1} \nu_2^{x_2} e^{x_1 x_2 D_{12}}, \qquad (6)$$

где x_1, x_2 – концентрации нефтяного ДТ и растительных масел; ν_1 и ν_2 – их кинематическая вязкость. При температуре $t = 20$ °С коэффициент D_{12} имеет постоянную величину для каждого вида смеси. С использованием метода наименьших квадратов проведен расчет коэфициентов D_{12}. Полученные расчетные результаты приведены в табл. 4.

Таблица 3

Значения коэффициентов формулы (5) для смесей нефтяного ДТ с различными растительными маслами

Коэффициенты	Смесевые топлива					
	ДТ + РМ	ДТ + ПМ	ДТ + СМ	ДТ + КМ	ДТ + ГМ	ДТ + *Pongamia Pinnata*
A_1^*	11,170	–53,293	–57,171	–42,471	–54,945	–128,020
D_1^*	52,730	129,293	126,471	116,371	116,545	218,820
A_2^*	–38,657	10,583	16,332	2,928	17,213	42,066
D_2^*	42,657	–5,793	–12,332	1,982	–13,223	–38,126

Таблица 4

Значения коэффициента D_{12} формул (6) для вязкости смесей нефтяного ДТ с различными растительными маслами

Коэффициент	Значения коэффициента D_{12} для различных смесевых топлив					
	ДТ + РМ	ДТ + ПМ	ДТ + СМ	ДТ + КМ	ДТ + ГМ	ДТ + *Pongamia Pinnata*
D_{12}	0,293	0,119	0,245	0,042	0,002	–0,324

Для сравнения точности аппроксимации характеристик кинематической вязкости исследуемых смесей описанными выше методами построены расчетные зависимости вязкости этих смесей от их состава, приведенные на рис. 5. В табл. 5 представлены результаты оценки точности указанной аппроксимации – величины максимальной относительной погрешности, средней погрешности и среднеквадратичной ошибки полученных используемыми аппроксимационными методами характеристик кинематической вязкости относительно исходных данных. Данные рис. 5 и табл. 5 свидетельствуют о возможности использования обоих используемых подходов к аппроксимации вязкостных характеристик исследуемых смесевых биотоплив, а также о некоторых преимуществах предложенного авторами алгебраического подхода.

Приведенные выше данные по вязкости растительных масел свидетельствуют об их большой кинематической вязкости, достигающей 90 мм^2/с при температуре $t = 20$ °C . В связи с этим целесообразно использование смесевых топлив, включая эмульгированные топлива.

В представленной работе исследована вязкость водотопливной эмульсии (ВТЭ) типа вода в топливе, полученная ультразвуковым методом и имеющая размеры капель воды в топливе порядка 50 мкм. При этом использованы экспериментальные данные по этим эмульсиям, приведенные в работе [34] и представленные в табл. 6.

С использованием данных табл. 6 по кинематической вязкости двухкомпонетной ВТЭ, имеющей массовые концентрации ДТ и воды, соответственно x_1 и x_2, кинематическую вязкость ВТЭ ν с учетом вязкости чистых ДТ ν_1 и воды ν_2 и использованием описанного выше алгебраического подхода можно представить в виде

$$\nu_{\text{I}} = x_1\left(A_1 + \frac{B_1}{t} + C_1\right) + \frac{x_1}{2 - x_1}\left(D_1 + \frac{E_1}{t}\right) + \\ + x_2\left(A_2 + \frac{B_2}{t} + C_2\right) + \frac{x_2}{2 - x_2}\left(D_2 + \frac{E_2}{t}\right). \quad (7)$$

При использовании логарифмического подхода выражение для вязкости ВТЭ принимает вид

$$\ln\nu_{\text{II}} = x_1 \ln\nu_1 + x_2 \ln\nu_2 + x_1 x_2\left(\frac{A}{t} + Bt + C\right)$$

или

$$\nu_{\text{II}} = \nu_1^{x_1}\nu_2^{x_2} e x_1 x_2\left(\frac{A}{t} + Bt + C\right). \quad (8)$$

С использованием логарифмического подхода аппроксимация кинематической вязкости ВТЭ может быть определена следующим образом. Принято, что входящие в выражение (8) коэффициенты A, B и C зависят от концентрации воды x_2. Для определения зависимости этих коэффициентов от x_2 водится коэффициент корреляции R. В табл. 7 приведены значения коэффициентов A, B и C при разных концентрациях воды в ВТЭ, полученные методом наименьших квадратов, а также значения коэффициента корреляции R. При этом имеет место нелинейная зависимость коэффициентов A, B и C от концентрации воды x_2, определяемая следующими формулами:

$$A = a_1 x_2^2 + b_1 x_2 + c_1,$$

$$B = a_2 x_2^2 + b_2 x_2 + c_2,$$

$$C = a_3 x_2^2 + b_3 x_2 + c_3. \quad (9)$$

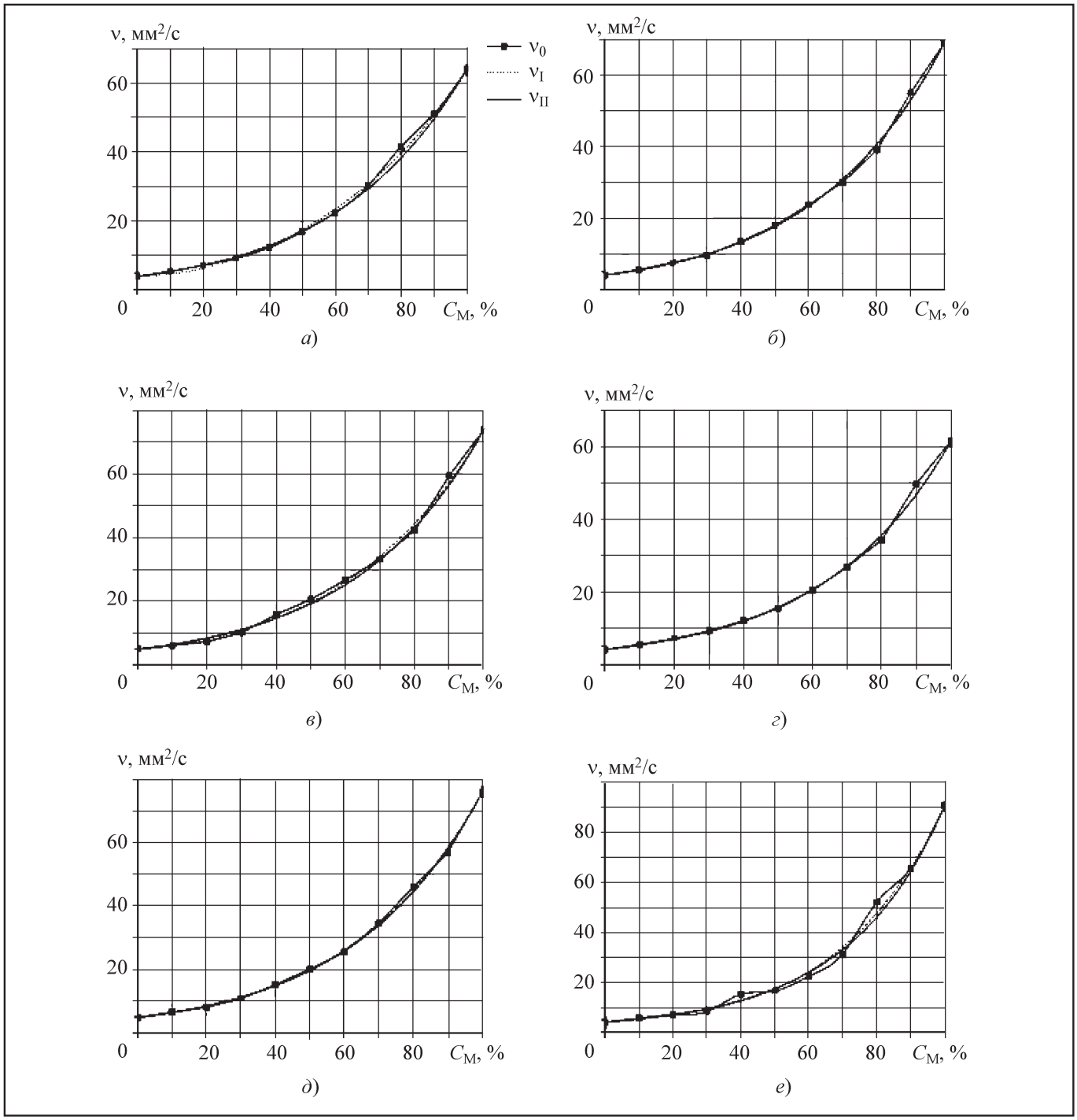


Рис. 5. *Зависимости кинематической вязкости ν смесей нефтяного ДТ с растительными маслами от содержания масла в смеси $C_м$, построенные по экспериментальным данным ν_o табл. 2, с использованием алгебраического подхода ν_I и логарифмического подхода ν_{II} к аппроксимации вязкостных характеристик смесевых биотоплив:*
а – смесь нефтяного ДТ и РМ; *б* – ДТ и КМ; *в* – ДТ и СМ; *г* – ДТ и ПМ; *д* – ДТ и ГМ; *е* – ДТ и *Pongamia Pinnata*

Коэффициенты формул (9) были определены методом наименьших квадратов по известным значениям коэффициентов *A*, *B* и *C* при различных концентрациях воды в ВТЭ. Полученные результаты сведены в табл. 8.

Таблица 5

Оценка точности аппроксимации вязкостных характеристик исследуемых смесевых биотоплив различными методами

Виды смесей	Предложенный авторами алгебраический подход			Логарифмический подход		
	Относительная максимальная погрешность, %	Среднее отклонение, мм^2/с	Средняя квадратичная ошибка, м^2/с	Относительная максимальная погрешность, %	Среднее отклонение, мм^2/с	Средняя квадратичная ошибка, м^2/с
ДТ + РМ	27,234	0,511	2,422	15,141	0,982	2,847
ДТ + ПМ	5,74	0,13	0,97	5,89	0,12	0,99
ДТ + СМ	10,802	0,007	1,114	16,304	0,315	1,265
ДТ + КМ	3,974	0,074	0,835	4,195	0,012	0,832
ДТ + ГМ	3,896125	0,05185	0,657517	6,07425	0,064671	0,711148
ДТ + *Pongamia Pinnata*	18,442	0,079	1,910	15,876	0,416	2,163

Примечание: РМ, ПМ, СМ, КМ, ГМ – рапсовое, подсолнечное, соевое, кукурузное, горчичное растительные масла соответственно.

Таблица 6

Кинематическая вязкость водотопливных эмульсий при различном содержании воды в ВТЭ и различных температурах

Температура, °С	Кинематическая вязкость [мм^2/с] различных видов топлива			
	100 % ДТ	90 % ДТ + 10 % воды	90 % ДТ + 10 % воды	90 % ДТ + 10 % воды
20	4,11	4,21	4,35	4,47
30	3,70	4,01	4,09	4,20
40	3,55	3,75	3,87	4,03
50	3,33	3,67	3,78	3,89
60	3,12	3,52	3,70	3,79
70	2,91	3,35	3,63	3,72
80	2,75	3,21	3,55	3,67

Таблица 7

Значения коэффициентов формул (8) для вязкости ВТЭ различного состава и коэффициента корреляции

Концентрация воды в ВТЭ x_2 и коэффициент корреляции R, %	Значения коэффициентов		
	A	B	C
10	–5,309	0,032	16,906
20	11,942	0,041	18,039
30	7,15	0,035	21,148
R	0,700	0,327	0,966

Таблица 8

Значения коэффициентов формул (9)

a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	c_2	a_3	b_3	c_3
1173,54	537,815	–47,728	–0,755	0,32	–0,0076	101,38	–19,548	17,855

С учетом полученных значений коэффициентов табл. 7 и 8 формулы (8) принимают вид:

$$\ln\nu_{\text{II}} = x_1 \ln\nu_1 + x_2 \ln\nu_2 + x_1 x_2 \left[\frac{-1173{,}54x_2^2 + 537{,}815x_2 - 47{,}728}{t} + \right.$$
$$\left. + (-0{,}755x_2^2 + 0{,}32x_2 - 0{,}0076)t + 101{,}38x_2^2 - 19{,}548x_2 + 17{,}855 \right]$$

или

$$\ln\nu_{\text{II}} = \nu_1^{x_1} + \nu_2^{x_2} e^{x_1 x_2 \left[\frac{-1173{,}54x_2^2 + 537{,}815x_2 - 47{,}728}{t} + (-0{,}755x_2^2 + 0{,}32x_2 - 0{,}0076)t + 101{,}38x_2^2 - 19{,}548x_2 + 17{,}855 \right]}. \quad (10)$$

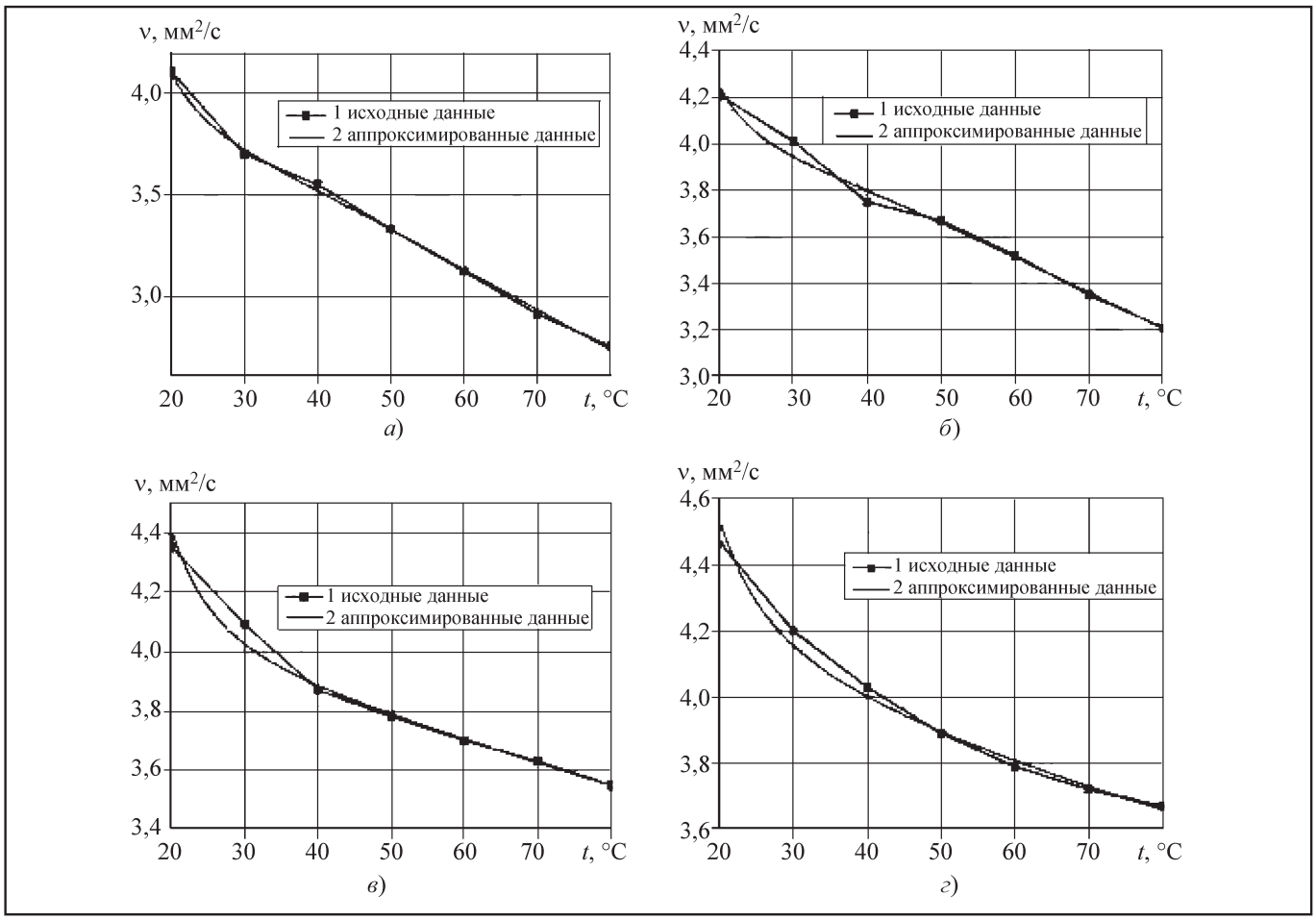


Рис. 6. *Вязкостно-температурные характеристики ВТЭ, построенные по исходным экспериментальным данным (1), приведенным в табл. 6, и расчетные характеристики (2), рассчитанные по формулам (10):*
а – 100 % ДТ; *б* – 90 % ДТ + 10 % воды; *в* – 80 % ДТ + 20 % воды; *г* – 70 % ДТ + 30 % воды

Таблица 9

Оценка точности аппроксимации вязкостных характеристик ВТЭ логарифмическим методом

Метод аппроксимации	Максимальная относительная погрешность,%	Средняя погрешность, мм^2/с	Среднеквадратичная погрешность, мм^2/с
Логарифмический метод	1,67	0,0247	0,0335

Таблица 10

Значения коэффициентов формулы (7)

A_1	B_1	C_1	D_1	E_1	A_2	B_2	C_2	D_2	E_2
13,41	–34,977	–0,016	–9,525	45,444	–5,356	–261,701	0,028	5,811	543,503

Для сравнения, на основе исходных данных по кинематической вязкости чистого ДТ с помощью метода наименьших квадратов определена зависимость кинематической вязкости чистого ДТ от температуры в виде:

$$\nu_{II} = e^{1,832-\frac{13,598}{t}+\frac{172,562}{t^2}-0,009t}.$$

На рис. 6 приведены вязкостно-температурные характеристики ВТЭ при различных концентрациях воды, определенные экспериментально (см. табл. 6) и по формулам (10). Отметим, что во всем исследуемом температурном диапазоне формулы (10) дают хорошее совпадение расчетных и экспериментальных данных. Это подтверждается представленными в табл. 9 значениями погрешностей аппроксимации рассматриваемых вязкостных характеристик. Средняя квадратичная погрешность расчета вязкости ВТЭ по формуле (10) не превышает 0,0335 мм^2/с, а максимальная относительная погрешность – не более 1,67 %. Таким образом, результаты аппроксимации вязкостно-температурных характеристик рассматриваемых ВТЭ с использованием логарифмического метода можно считать вполне приемлемыми.

С использованием предложенного авторами алгебраического метода проведена аппроксимация кинематической вязкости рассматриваемых ВТЭ. При этом на основе исходных данных по кинематической вязкости ВТЭ, приведенных в табл. 6, методом наименьших квадратов определены значения входящих в формулу (7) коэффициентов, представленные в табл. 10. С учетом значений этих коэффициентов формулу (7) можно представлять в виде:

$$\begin{aligned}\nu_I = {} & x_1\left(13,41-\frac{34,977}{t}-0,016t\right)+\\ & +\frac{x_1}{2-x_1}\left(-9,525+\frac{45,444}{t}\right)+\\ & +x_2\left(-5,356-\frac{261,701}{t}+0,028t\right)+\\ & +\frac{x_2}{2-x_2}\left(5,811+\frac{543,503}{t}\right).\end{aligned} \quad (11)$$

По результатам проведенной аппроксимации с использованием алгебраического подхода по формуле (11) построены вязкостно-температурные характеристики исследуемых ВТЭ, представленные на рис. 7. Отметим, что в рассматриваемых пределах изменения температуры различия между аппроксимационными кривыми и экспериментальными точками невелики. Это подтверждается приведенными в табл. 11 оценками погрешности примененного алгебраического подхода для описания вязкостно-температурных характеристик ВТЭ. Так, среднеквадратическая ошибка аппроксимации не превышает 0,027 мм^2/с, а максимальная относительная погрешность составляет не более 1,635 %. При этом следует отметить, что предложенный авторами алгебраический метод

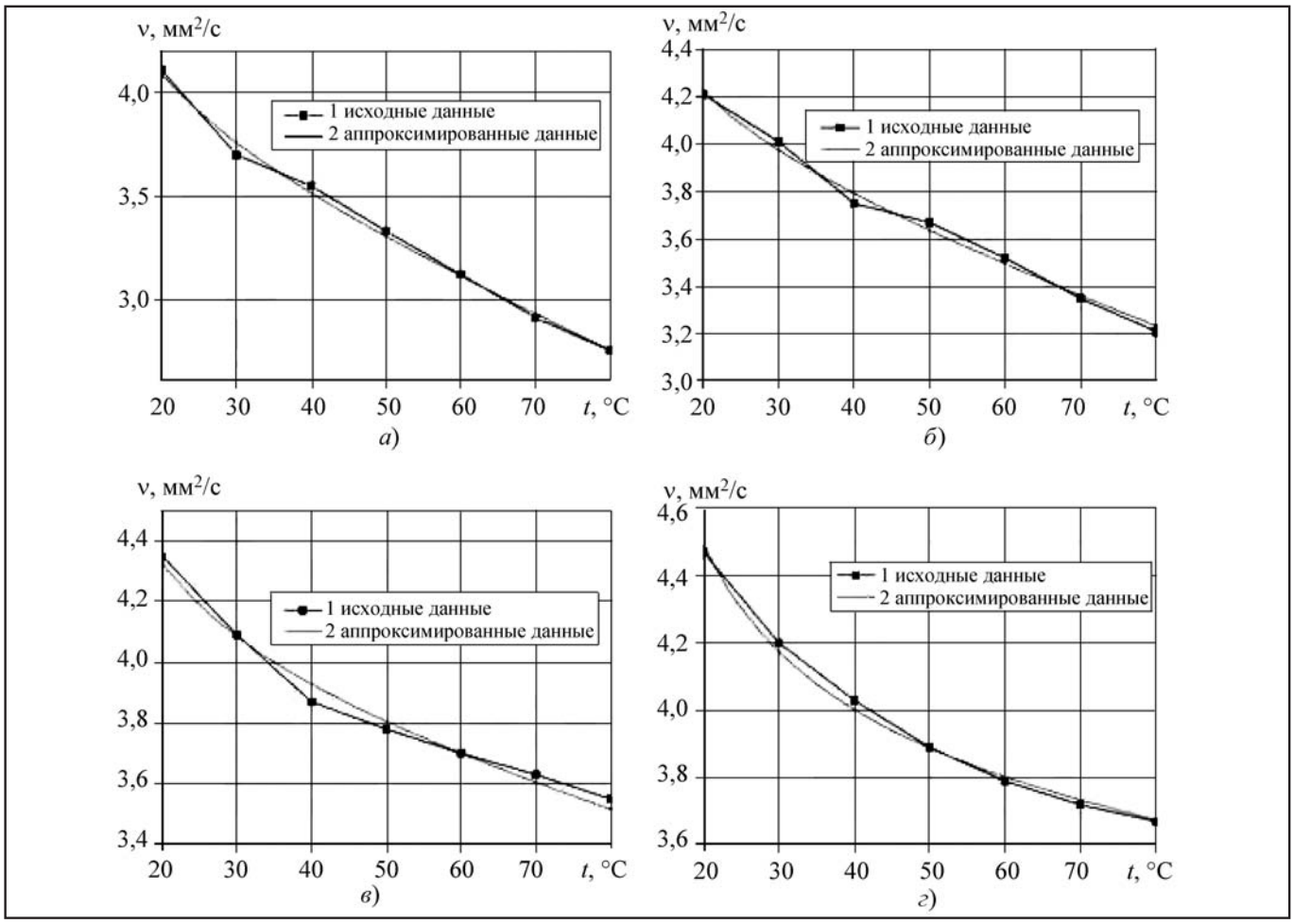


Рис. 7. *Вязкостно-температурные характеристики ВТЭ, построенные по исходным экспериментальным данным (1), приведенным в табл. 6, и расчетные характеристики (2), рассчитанные по формуле (11):*
а – 100 % ДТ; *б* – 90 % ДТ + 10 % воды; *в* – 80 % ДТ + 20 % воды; *г* – 70 % ДТ + 30 % воды

позволяет получить более точные результаты аппроксимации, по сравнению с логарифмическим методом (см. табл. 9 и 11).

Таблица 11

Оценка точности аппроксимации вязкостных характеристик ВТЭ алгебраическим методом

Метод аппроксимации	Максимальная относительная погрешность,%	Средняя погрешность, мм²/с	Среднеквадратичная погрешность, мм²/с
Алгебраический метод	1,635	0,0226	0,0270

На завершающем этапе исследований вязкостных характеристик эмульгированных топлив исследованы эмульсии рапсового масла и этанола. Свойства этих компонентов указанных эмульсий приведены в табл. 1 и работах [4, 5, 19–21]. Для получения эмульсий рапсового масла и этанола авторами статьи использовано эмульгирующее устройство, показанное на рис. 8 [43, 44]. Оно включает основание *1* в виде массивной плиты, на которой закреплены четыре направляющие стойки *2*, выполненные в виде прутков, снабженных метрической резьбой по всей длине. Реактор *3* выполнен в виде цилиндрической емкости с верхней *4* и нижней *5* крышками. Каждая из крышек снабжена патрубком *6*, предназначенным для впуска и выпуска реакционных сред. Нижняя крышка *5* имеет фланец, выходящий за габарит реактора *3*, с че-

тырьмя отверстиями для стоек *2*. Фиксация реактора *3* осуществляется с помощью гаек *7*. В реакторе *3* установлен ряд чередующихся неподвижных *8* и подвижных *9* дисков. Последние посредством штока *10* связаны с якорем *11* электромагнитного двигателя, статор *12* которого посредством фланца *13* связан со стойками *2* с помощью гаек *14*. Между якорем *11* и реактором *3* на стойках *2* смонтированы три параллельных диска: внешние – *15* и внутренний – *16*. Внешние диски фиксируются на стойках *2* с помощью гаек *17*, а внутренний диск закреплен на штоке *10* на равном расстоянии от внешних дисков. В промежутках между дисками установлены пружины *18*, в совокупности с дисками образующие упругую систему устройства.

Эмульгирующее устройство работает следующим образом. Через верхний патрубок *6* (рис. 8) в реактор вводятся среды, подлежащие перемешиванию – рапсовое масло и этанол. При поступлении их в реактор включают электромагнитный двигатель, якорь *11* которого совершает колебательные движения с заданной частотой и амплитудой. Они в конечном итоге и определяют свойства получаемой эмульсии. Колебательные движения якоря *11* через шток *10* передаются на подвижные диски *9*, которые перемещаются между неподвижными дисками *8*, изменяя объем пространства между дисками. Это вызывает попеременное растяжение и сжатие сред, находящихся между дисками, их турбулизацию и возбуждение в средах кавитационных пузырьков. Все это способствует тщательному перемешиванию РМ и ЭС. Для снижения энергоемкости процесса перемешивания расчетным или экспериментальным методами определяется частота собственных колебаний подвижной части устройства путем изменения затяжки пружин *18* упругой системы. За счет перемещения внешних дисков *15* относительно внутреннего диска *16* осуществляется корректировка собственной частоты подвижной части устройства, приближая ее к фиксированной частоте вынуждающей силы, развиваемой якорем *11* и добиваясь резонансного режима работы устройства. Размещение устройства на направляющих стойках с возможностью перемещения его основных узлов значительно облегчает сборку устройства и осуществление различных регулировок, например, установку расстояния между подвижными и неподвижными дисками в реакторе, регулирование магнитного зазора между якорем и статором электромагнитного двигателя и др.

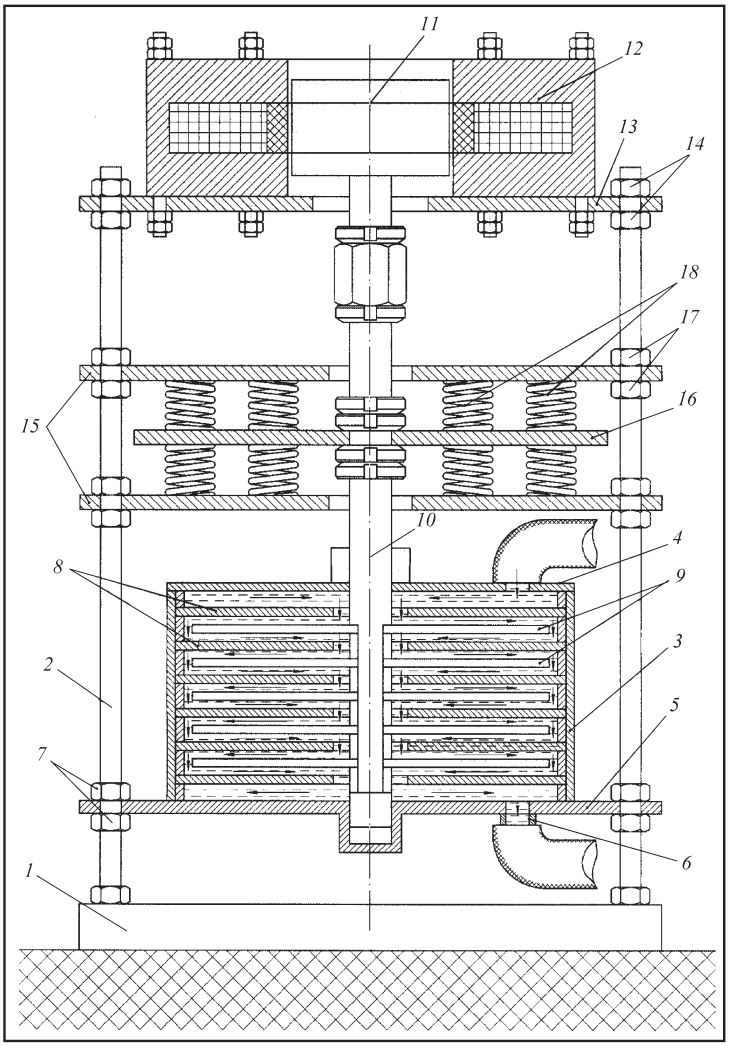


Рис. 8. *Схема эмульгирующего устройства:*
1 – основание; *2* – направляющие стойки; *3* – реактор; *4* – верхняя крышка; *5* – нижняя крышка; *6* – патрубок; *7*, *14*, *17* – гайки; *8* – неподвижные диски; *9* – подвижные диски; *10* – шток; *11* – якорь электромагнитного двигателя; *12* – статор электромагнитного двигателя; *13* – фланец; *15* – внешние диски; *16* – внутренний диск; *18* – пружины

Для получения стойких эмульсий этих компонентов применен эмульгатор – алкенилсукцинимид мочевины (СИМ), производимый по ТУ 38.1011039-85. Он представляет собой вязкую, прозрачную, растворимую в углеводородах жидкость светло-коричневого цвета. Содержание эмульгатора в эмульгированных топливах не превышало 0,5 % (масс.). Полученные эмульсии были достаточно стабильны: расслоение эмульсии на

Таблица 12

Кинематическая вязкость эмульсий РМ и ЭС

	Состав смесей		
	100 % РМ	90 % РМ + + 10 % ЭС	70 % РМ + + 30 % ЭС
Кинематическая вязкость, мм^2/с	63,90	71,35	86,97

две фракции происходило лишь после нескольких недель хранения. Однако первоначальные вид и свойства эмульсии восстанавливались путем ее простого взбалтывания.

Для определения вязкости исследуемых эмульсий использован ротационный вискозиметр испанской фирмы *Fungilab*. Исследована кинематическая вязкость двухкомпонентной эмульсии рапсового масла (РМ) и этилового спирта (ЭС) с объемным содержанием этанола 10 и 30 % при температуре 20 °С. В табл. 12 приведены исходные данные по кинематической вязкости для среднедисперсной эмульсии на основе РМ с диаметром капель этанола 50 мкм.

Анализ полученных значений кинематической вязкости исследуемых смесей показывает, что зависимость кинематической вязкости эмульсии РМ

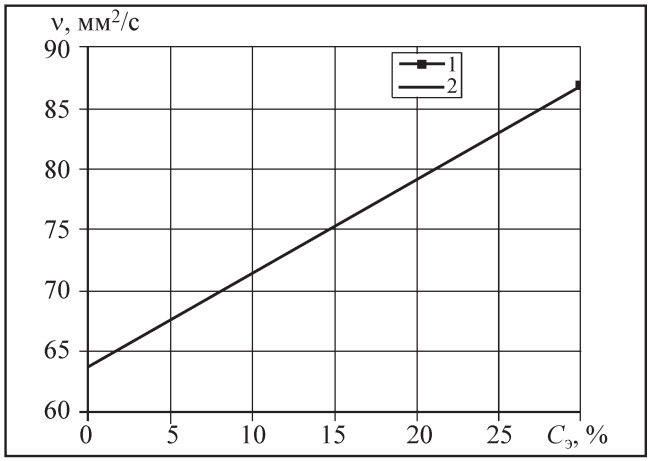


Рис. 9. *Зависимость кинематической вязкости эмульсии рапсового масла и этанола от концентрации этанола в эмульсии при 20 °С:*
1 – экспериментальная зависимость; 2 – аппроксимационная зависимость

и ЭС от состава топлива может быть описана линейной зависимостью вида

$$\nu = ax_1 + b,$$

где a, b – постоянные коэффициенты; x_1 – объемная концентрация этанола в эмульсии. С использованием метода наименьших квадратов определены эти коэффициенты, оказавшиеся равными: a = 77,0714 и b = 63,7971. Тогда формула для аппроксимации кинематической вязкости эмульсий рапсового масла и этилового спирта при 20 °С принимает вид:

$$\nu = 77{,}0714x_1 + 63{,}7971. \qquad (12)$$

С использованием выражения (12) построена зависимость кинематической вязкости эмульсий рапсового масла и этилового спирта от концентрации этанола в смеси, представленная на рис. 9. При этом полученная аппроксимационная зависимость хорошо согласуется с экспериментальной. Среднеквадратичная погрешность полученной аппроксимационной зависимости не превышает 0,01 мм^2/с.

Проведенные исследования вязкостных характеристик многокомпонентных и эмульгированных топлив подтвердили близость их физических свойств к свойствам нефтяных дизельных топлив, а также возможность их использования в отечественных дизелях. Полученные формулы для вязкостных характеристик многокомпонентных и эмульгированных топлив могут быть использованы для выбора целесообразного состава таких топлив.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Попель О.С., Фортов В.Е.** Возобновляемая энергетика в современном мире. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. 450 с.

2. **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.

3. **Федоренко В.Ф., Сорокин Н.Т., Буклагин Д.С. и др.** Инновационное развитие альтернативной энергетики: Ч. 1. М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2010. 348 с.

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

6. **Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Кузьмина Р.И. и др.** Сравнение биотоплив с нефтяными топливами по физико-химическим харак-

теристикам // Химия и технология топлив и масел. 2011. № 1. С. 8–10.

7. **Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Кузьмина Р.И. и др.** Сравнение жидких биотоплив с нефтяными топливами по эксплуатационным характеристикам // Химия и технология топлив и масел. 2011. № 2. С. 23–25.

8. **Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Кузьмина Р.И. и др.** Сравнение жидких биотоплив с нефтяными топливами по экологическим характеристикам // Химия и технология топлив и масел. 2011. № 3. С. 3–6.

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

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

11. **Myo T.** The Effect of Fatty Acid Composition on the Combustion Characteristics of Biodiesel (A Dissertation Submitted to the Graduate School of Science and Engineering In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Engineering). Japan: Kagoshima University, 2008. 171 p.

12. **Knothe G., Van Gerpen J., Krahl J. et al.** The Biodiesel Handbook. – Shampaign, Illinois: AOCS Press, 2005. 286 p.

13. **Медведев А.Н., Тарасова Д.А.** Вязкостно-температурные свойства многокомпонентного смесевого биодизельного топлива // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 2. С. 3–5.

14. **ГОСТ 305–82.** Топливо дизельное. Технические условия (с Изменениями № 1–8). М.: Изд-во Стандартинформ, 2009. 7 с.

15. **Марков В.А., Девянин С.Н., Зыков С.А., Са Бовэнь.** Вязкостные характеристики многокомпонентных смесевых биотоплив на основе растительных масел // Транспорт на альтернативном топливе. 2016. № 6. С. 33–49.

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

17. **Марков В.А., Козлов С.И.** Топлива и топливоподача многотопливных и газодизельных двигателей. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 296 с.

18. **Zhong S., Wyszynski M.L., Megaritis A. et al.** Experimental Investigation into HCCI Combustion Using Gasoline and Diesel Blended Fuels // SAE Technical Paper Series. 2005. № 2005-01-3733. P. 1–12.

19. **Вонский Е.В., Гусев А.А., Жаворонков Н.М. и др.** Химический энциклопедический словарь / Под ред. И.Л. Кнунянца. Л.: Советская энциклопедия, 1983. 792 с.

20. **Дринберг С.А., Ицко Э.Ф.** Растворители для лакокрасочных материалов: Справочное пособие. Л.: Химия, 1986. 208 с.

21. **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.

22. **Власов А.А., Ильвес Р.Л., Кюют А.Я., Ольт Ю.Р.** Применение биоэтанола второго поколения в малообъемном двигателе и влияние на экологические показатели // Транспорт на альтернативном топливе. 2016. № 2. С. 34–42.

23. **Torres-Jimenez E., Jerman M.S., Gregorc A., Dorado M.P., Kegl B.** Comparative Study of Various Renewable Fuel Blends to Run a Diesel Power Plant // International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ 2010). 2010. P. 1–5.

24. **Labeckas G., Slavinskas S., Mazeika M., Laurinaitis K.** Performance and Emission Characteristics of Diesel Engine Fuelled with Ethanol-Diesel-Biodiesel Blend // Engineering for Rural Development (Latvija). 2010. P. 266–271.

25. **Yilmaz N., Vigil F.M., Donaldson A.B., Darabseh T.** Investigation of CI Engine Emissions in Biodiesel-Ethanol- Diesel Blends as a Function of Ethanol Concentration // Fuel. 2014. Vol. 115. P. 790–793.

26. **Ерощенков С., Корогодский В., Каграманян А., Врублевский А., Василенко О., Обозный С.** Экспериментальные исследования двигателя с искровым зажиганием и непосредственным впрыскиванием топлива при работе на бензоэтанольной смеси // Двигатели внутреннего сгорания. Т. 1. Харьков: НТУ "ХПИ", 2012. С. 8–9.

27. **Olt J., Mikita V., Ilves R., Kuut A.** Ethanol as an Additive Fuel for Diesel Engines // Engineering for Rural Development (Latvija). 2011. P. 248–253.

28. **Matuszewska A., Odziemkowska M., Czarnocka J.** Properties of Bioethanol-Diesel Oil Mixtures / Mendez-Vilas A. (ed.) // Materials and Processes for Energy: Communicating Current Research and Technological Developments. FORMATEX 2013. P. 352–359.

29. **Волков А.И., Жарский И.М.** Большой химический справочник. Минск: Современная школа, 2005. 608 с.

30. **Basha J.S., Anand R.B.** An Experimental Study in a CI Engine Using Nanoadditive Blended Water-Diesel Emulsion Fuel // International Journal of Green Energy. 2011. № 8 (3). P. 332–348.

31. **Сомов В.А.** О применении водотопливных эмульсий в дизелях // Двигателестроение. 1988. № 3. С. 35–37.

32. **Марков В.А., Девянин С.Н., Шумовский В.А.** Работа дизелей на многокомпонентных водотопливных эмульсиях // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 2. С. 23–32.

33. **Аттия А.М.** Улучшение экологических и экономических показателей дизеля за счет изменения структуры водотопливной эмульсии: Дисс. ... к.т.н.: 05.04.02 – тепловые двигатели. Владимир: ФГОУ ВПО "Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых", 2012. 133 с.

34. **Ливанский А.Н.** Повышение эффективности работы дизеля при использовании водотопливных эмульсий, полученных ультразвуковым методом. Дисс. ... к.т.н: 05.04.02 – тепловые двигатели. М.: МАДИ, 2015. 193 с.

35. **Шумовский В.С.** Улучшение показателей транспортного дизеля путем совершенствования процессов распыливания топлива и смесеобразования. Дисс. ... к.т.н: 05.04.02 – тепловые двигатели. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 165 с.

36. **Lang W., Sokhansanj S., Sosulski F.W.** Modeling the Temperature Dependence of Kinematic Viscosity for Refined Canola Oil // JAOCS. 1992. Vol. 69. № 10. P. 1054–1055.

37. **Erhan S.Z., Asadauskas S., Adhvaryu A.** Correlation of Viscosities of Vegetable Oil Blends with Selected Esters and Hydrocarbons // JAOCS. 2002. Vol. 79. № 11. P. 1157–1161.

38. **Yuan W., Hansen A.C., Zhang Q., Tan Z.** Temperature-Dependent Kinematic Viscosity of Selected Biodiesel Fuel and Blend with Diesel Fuel // JAOCS. 2005. Vol. 82. № 3. P. 195–199.

39. **Fasina O.O., Hallman H., Craig-Schmidt M., Clements C.** Predicting Temperature-Dependance Viscosity of Vegetable Oils from Fatty Acid Composition // JAOCS. 2006. Vol. 83. № 10. P. 899–903.

40. **Eyring H.** Viscosity, plasticity, and diffusion as examples of absolute reaction rates // The Journal of chemical physics. 1936. Vol. 4. № 4. P. 283–291.

41. **McAllister R.A.** The viscosity of liquid mixtures // AIChE Journal. 1960. Vol. 6. № 3. P. 427–431.

42. **Dominguez M., Pardo J.I., Gascon I.G., Royo F.M., Urieta J.S.** Viscosities of the ternary mixture (2-butanol+n-hexane+ 1-butylamine) at 298.15 and 313.15 K // Fluid Phase Equilibria. 2000. Vol. 169. № 2. P. 277–292.

43. **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.

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

УДК 620:92

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОСТЬЮ

В.А. Грушников, канд. техн. наук, ВИНИТИ РАН, Москва

Одной из важнейших проблем на пути широкой электромобилизации является безопасность и надежность энергоснабжения, функции которого реализуются электрозаправочной инфраструктурой с экономичной и экологичной зарядкой аккумуляторов. Попробуем разобраться, какой она должна быть в плане использования конкретных устройств, встроенных в интегральную энергосистему.

Ключевые слова: энергосистемы; электромобильность; интеграция; безопасность; энергоэффективность; устройства.

PRACTICAL IMPLEMENTATION OF POWER SISTEM WITH THE INTEGRATED ELECTROMOBILITY

Grushnikov V.A., Dr. of technical sciences, VINITI of RAS, Moscow

One of the major problems on the way of broad electromobilization is safety and reliability of power supply which functions are implemented by electrofilling infrastructure with economic and eco-friendly accumulator charging of electric vehicles. Let's try to understand what it has to be in respect of use of the concrete devices which are built in an integrated power supply system.

Keywords: power grid; electric mobility; integration; safety; energy efficiency devices.

Электроэнергетика является одной из наиболее быстро развивающихся ключевых отраслей мировой и национальных экономик, определяющих уровень их развития, безопасности и энергоэффективности. Она же является ключевым звеном реализации национальных программ электромобилизации, органично связанных с использованием возобновляемых источников энергии и совершествованием элементной базы электромобилей и электрозаправочной инфраструктуры. Имеено они определяют, наряду с экологической чистотой, привлекательность электромобилей, которые для массового потребителя должны быть не такими дорогими и малоавтономными, какими являются сегодня.

Реализация национальных программ электромобилизации (международных – пока нет) предусматривает [1] последовательное снятие преград на пути массового использования электромобилей успешным решением всего комплекса проблем, в котором принимают участие автомобилестроители, экологи, влияющие на властные структуры, и сетевые инфраструктурные операторы. Немецкий автопроизводитель BMW, французские – Citroën и Renault и японский – Nissan договорились с немецкими дилерами о продаже своих электрифицированных колесных транспортных средств (КТС) со средней скидкой 2380 евро (до 2000 евро, 5000 и 3000 евро соответственно). Электромобиль Renault Zoe стал оснащаться двумя разъемами двух- и трехфазной электрозаправки. Число электрозарядных станций на автомагистралях Германии присоединились Volkswagen и Opel.

Реальная электромобилизация с реализацией ее стратегии проявляется [2] в поиске способов повышения энергоэффективности и энергоемкости аккумуляторов и электрифицированного КТС в целом с комбинированной энергетической установкой на борту и на чистой электротяге. Увеличение запаса автономного хода приводит к появлению не только новых образцов подвижного состава с новыми приоритетами и критериями оценки совершенства, но и новых решений в области техники электрозаправочной инфраструктуры. По существу, прямо "на марше" происходят концептуальное осмысление и практическая оценка уровня ее взаимодействия с КТС, проявляющегося в оперативности его электрозаправки, совместимости с электрооборудованием и результативности в виде продолжительности езды на одной зарядке. Конкурируют в этом плане не только сами электромобили, но и способы, системы и устройства электрозаправки с разными технологиями их реализации, отличающимися использованием переменного или постоянного электрического тока, временем зарядки и мощностью подключаемого источника. VW и BMW со своими мод. E-Up, e-Golf и i3, соответственно, предпочли 30-минутную электрозарядку от источника постоянного электрического тока с 80%-й энергоемкостью аккумуляторов, минимум на 100 км пробега. Французский Renault на своей мод. Zoe – переменным током с мощностью 11, 22 или 43 кВт и одночасовой продолжительностью зарядки. Mercedes-Benz уже использует комбинированную систему. Особого внимания заслуживает комбинированная концепция CCS двухразъемного типа с параллельным подводом к контактам электрозаправочного "пистолета" электрического тока переменного и постоянного напряжений. Но процесс поиска оптимальных вариантов не закончен. Он продолжается, как по направлению энергоэффективности, безопасности и оперативности, так и по стандартизации унифицированных устройств зарядно-заправочной инфраструктуры.

Инновационные мероприятия по совершенствованию конструкций и технологий эксплуатации электродвигателей, электромашин с функцией электродвигателя в тяговом режиме и генератора в режиме рекуперативного торможения и аккумуляторов наглядно демонстрируются [3] на примере исследований и разработок концерна Siemens. Сосредоточившись на решении электромобильных проблем, Siemens приобрел в 2013 г. дочернее предприятие Semikron в Бад-Нойштадте-на-Заале электротехнической компании из Нюрнберга VePoint и на ее технологической линии организовал собственное производство электродвигателей мощностью 60 кВт с электронным управлением для привода КТС. В 2015 г. Siemens выкупил британскую производственно-технологическую компанию eCar Powertrain Systems, где на стендах и лабораторных площадях в 1300 м^2 активно исследуют и успешно решают практические проблемы создания электрических и электронных компонентов, в частности преобразователей электроэнергии, электрических приводов КТС и зарядной инфраструктуры поддержки функциональности аккумуляторов. Поставленная Siemens задача, решение которой интересует всех без исключения европейских автопроизводителей, проста, универсальна и многообещающа. Создание концепции, реализуемой различными устройствами, адаптированными ко всем разновидностям электродвигателей, аккумуляторов и зарядных станций на основе унифицированного программного управления, в том числе подходящей и для беспилотных КТС, с гибридным и чисто электрическим приводом. К реализации такой комбинированной платформы концепции электромобилизации и автономности КТС Siemens привлек институт производственной техники и автоматизации им. Фраунгофера, успешно завершающий исследовательский проект создания энергоэффективной станции электрозарядки аккумуляторов гибридов и электромобилей бесконтактным индуктивным методом с использованием чипов компании Qualcomm. Такая индуктивная электрозаправочная станция Halo с 90%-м КПД компактна и безопасна для окружающих за счет оснащения радарным датчиком, обнаруживающим на пути передачи электродвижущей силы индукции между платформой снизу и днищем электрифицированного КТС любой предмет: от металлической монеты и пластиковой бутылки до кошки и прерывающим процесс зарядки аккумуляторов. Испытанный на гоночных болидах-автомобилях BMW i8 Safety Car Формулы Е прототип этой системы мощностью 7,2 кВт в серийном варианте с частотой зарядного тока 85 кГц и мощностью 3,6–22 кВт появится на электромобильном инфраструктурном рынке в 2018 г.

Совершенствованием всех аспектов электромобилизации озабочены не только отдельные произ-

водители, но и государственные структуры. В программном Документе 387/16 Бундесрата Германии, например, в полном соответствии с установленными требованиями Евросоюза по резкому стратегическому сокращению выбросов вредных веществ предусматривается [4] как техническое, так и технологическое совершенствование электрозарядной инфраструктуры в перспективе до 2030 и 2050 гг. Реализация правительственной программы электромобилизации в Германии, наряду с появлением КТС на электротяге таких традиционных в этом сегменте отечественных автопроизводителей, как BMW, Daimler, Volkswagen, так и нового – Opel с теоретически заявленной автономностью хода в 500 км!, а также французского Renault и японского Nissan, связана, главным образом, с массовым развитием инфраструктуры зарядки на базе национальной платформы, предусматривающей около 70 тыс. электрозаправочных станций и 7100 колонок быстрой зарядки.

По примеру таких городских агломераций, как Тюбинген, Кассель и Гейдельберг объединение производственных предприятий Оснабрюка оптимизирует [5], например, выбор и размещение колонок электрозаправочной инфраструктуры для зарядки аккумуляторов разных типов КТС: от велосипеда до грузового автомобиля и автобуса большой вместимости. С 2009 г. к настоящему времени их сооружено уже 40 и это – не предел. Особое внимание уделяется разнообразию их типового исполнения для общественных мест и частных домовладений и оптимальной интеграции в централизованную энергосистему, что объясняется как возможностями энергосистем, так и особенностями аккумуляторов.

Если еще совсем недавно заявленный пробег на одной зарядке аккумуляторов современных электромобилей составлял не более 100–150 км (фактический из-за значительных затрат электроэнергии на вентиляцию, отопление, охлаждение и кондиционирование воздуха в салоне – серьезно меньше), то сейчас, правда только для электромобилей американской компании Tesla, рекорд дальности по автономному запасу хода при движении без перегрузки и на малых скоростях составляет 800 км в обычном режиме – 400 км) . К 2017 г., по мнению маркетологов этой компании, будет преодолена планка в 1000 км, а к 2020 г. – в 1200 км пути на одной зарядке. В среднем емкость существующих батарей Tesla будет увеличиваться не менее чем на 5–10 % ежегодно. Дальность перемещения при этом будет определяться, конечно же, не только одной емкостью батареи, но и способом зарядки, оказывающим влияние и на долговечность аккумуляторов, выражающейся в количестве циклов зарядки–разрядки . Понятно, что этот показатель определяет срок безотказной и функциональной эксплуатации электропривода и, в идеале, должен быть равен полному циклу эксплуатации КТС или, хотя бы, быть кратным ему с заменой на определенной стадии жизненного цикла.

Наиболее совершенные современные литий-ионные аккумуляторы электромобилей, устроенные (рис. 1) так же, как батарейки ноутбуков и электробытовых приборов, позволяют на сегодняшний день реализовать 400–600 циклов зарядки–разрядки, что составляет 1,5–2,0 г. эксплуатации. Литий-ионный аккумулятор с единичным напряжением ячейки около 4 В состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала на медной фольге), разделенных пропитанными электролитом пористыми сепараторами. Пакет электродов помещен в герметичный корпус, катоды и аноды подсоединены к клеммам. Корпус имеет предохранительный клапан, сбрасывающий внутреннее давление при аварийных ситуациях и нарушении условий эксплуатации. Литий-ионные аккумуляторы различаются по типу используемого катодного материала. Пе-

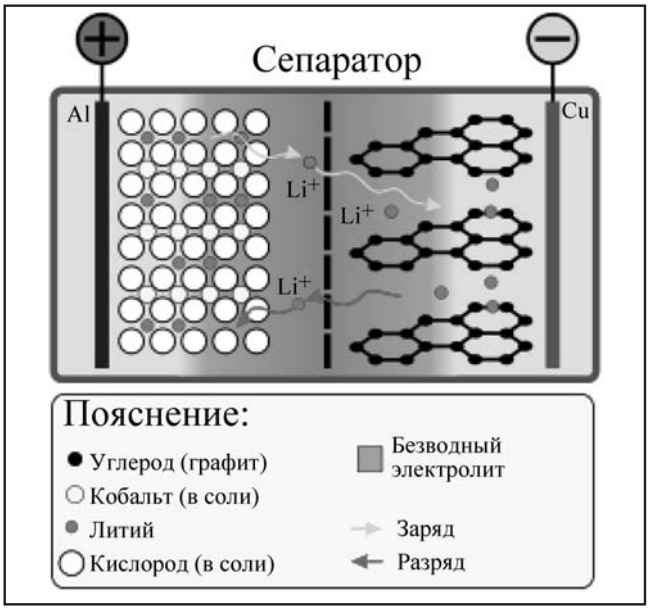


Рис. 1. *Устройство и схема работы литий-ионного аккумулятора*

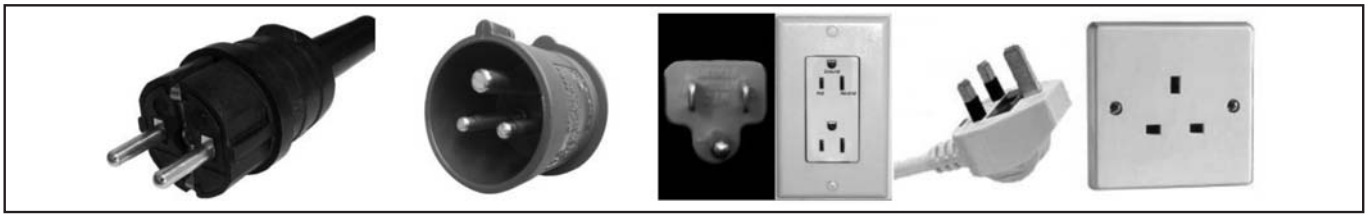


Рис. 2. *Вилка розеточного разъема бытового устройства зарядки аккумуляторов электромобиля: два первых слева – Германия, далее – США, справа – Великобритания*

реносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться (интеркалироваться) в кристаллическую решетку других материалов (например, в графит, оксиды и соли металлов) с образованием химической связи, например: в графит с образованием LiC_6, оксиды ($LiMnO_2$) и соли ($LiMn_RO_N$) металлов.

Возможности увеличения числа циклов зарядки-разрядки аккумуляторов до 40 000 (а это – уже более 10 лет эксплуатации!) специалистами Стэнфордского университета, например, связываются с использованием электродов из наноматериалов на основе железа и меди, а в качестве носителей заряда – ионов калия вместо лития. Но это – только перспектива.

А пока нынешние не очень долговечные и очень чувствительные к температурному режиму аккумуляторы нуждаются в бережном отношении при зарядке (желательно – непродолжительной) без электропробоя и перегрева, определяемых мощностью зарядных станций или устройств. Эти условия обязательны как для индивидуальных электрозаправок однофазных бытового напряжения 220–230 В и силой тока 16 А, что позволяет подводить к аккумуляторной батарее мощность в 3,3–3,7 кВт, трехфазных – с 11,1 кВт, так и промышленных с 400 В и 19,2 кВт – при 16 А, 30 кВт – при 25 А и 38,4 кВт – при 32 А.

Эти штепсельно-розеточные, в первом сучае, и разъемные, во втором случае, стандартные кабельные электрозарядные устройства позволяют в нормальном режиме зарядить акуумуляторную батарею электромобиля наиболее распространенной на сегодняший день энергоемкостью 20–25 кВт·ч (серийные электромобили Nissan Leaf, Renault Zoe, VW e-Golf, в последней версии – уже, как и BMW i3, – 24,2–35,8 кВт·ч) 8 ч – в однофазном, до 3 ч – в трехфазном бытовом исполнении, в промышленном – уже всего за 1 ч и реализуются в нескольких стандартных исполнениях.

В первую очередь – это обычное сопряжение штепсельной вилки с розеткой (рис. 2). Обычная и заземленная бытовая вилка (Schuko) типа 1 по стандарту DIN IEC 61851-1 или CEE (и то и другое – обозначение в разное время Международной Электротехнической Комиссии) мощностью 3,7 кВт и 11,1 кВт соответственно, успешно работают на индивидуальных зарядных электрозаправках в Германии и Восточной Европе, США и Великобритании, соответственно, с гаражными или придомовыми настенными устройствами Walbox.

Стремление к унификации зарядной инфраструктуры, хотя еще и не преодолело так называемых фирменных преград отдельных производителей в разных регионах мира, но уже начинает этот процесс. Так, наряду с устройствами переменного тока с его выпрямителем для подачи к аккумуляторам уже внутри электромобиля, используются, пока еще более дорогие со встроенным в разъем выпрямителем. А наряду с вилками и разъемами типа 1 (по первой части стандарта IEC 62192), все шире применяются уже защищенные от поражения электрическим током универсальные одно- и трехфазные разъемы типа 2 (по второй части стандарта IEC 62192) (рис. 3) с максимальной подводимой мощностью зарядного тока 43 кВт.

"Первой ласточкой" в унификации разъемов зарядки аккумуляторов электромобилей переменным (верхний портал) и постоянным (нижний портал) током стала комбинированная система в исполнении CHAdeMO (рис. 4) станций с зарядным током напряжением до 400 В мощностью до 50 кВт. Они разработаны по инициативе Charging Interface (CHARIN) автопроизводителей Audi, BMW, Daimler, Opel, Porsche, VW, Технической Службы по безопасности КТС в Комитете Внутреннего Транспорта ЕЭК ООН от Германии TÜV

Рис. 3. Наиболее распространенный в Европе универсалный электрозарядный разъем типа 2 немецкого производителя Mennekes

Рис. 4. Комбинированная система зарядки

Sud, производителями электроприборов и оборудования Mennekes и Phoenix Contact. И сразу же было объявлено об их использовании в электрифицированных КТС концернов Volkswagen, Daimler (Mercedes-Benz), BMW, Ford, FIAT-Chrysler и General Motors.

Рассмотренные разъемы устройств электрозарядной/электрозаправочной инфраструктуры отлично справляются с подзарядкой, в том числе ускоренной, электромобильных аккумуляторов суммарной энергоемкостью 20–25 кВт·ч. А вот уже для электромобиля Tesla Model S с аккумуляторной батареей емкостью 85 кВт·ч они не годятся, поскольку ее зарядка в обычном режиме продлится 32 ч, что просто неприемлемо, а в ускоренном режиме быстрой заправки при подводимой мощности 43–50 кВт – все равно около 2 ч.

В связи с этим компания Tesla на базе стандарта Общества автомобильных инженеров США SAE J1772 с требованиями к электрозаправочным станциям (рис. 5) мощностью 100 кВт разработала собственную уникальную технологию использования мощности зарядки в 120 и даже 150 кВт с температурным контролем каждой ячейки своей также уникальной аккумуляторной батареи с шунтированием уже заряженных или нагретых литий-ионных аккумуляторов. Она позволяет осуществлять полную зарядку на 50 % разряженной аккумуляторной батареи всего за 30 мин! Кроме того, для поддержания высокой степени мобильности с автономным ходом более 400 км (до 1200 км!) Tesla предлагает замену на своих специальных фирменных станциях замену разряженной батареи на новую всего за 90 с.

Вообще же, аккумулирование электрической энергии [6], кроме электрохимического аккумуляторного, возможно и без преобразования энергии при использовании конденсаторов с высокой плотностью мощности, отличающихся низкими потерями энергии, высокой скоростью зарада–разряда, но в то же время – низкой плотностью энергии и склонностью к электрическим пробоям при высоком напряжении. Солнечные аккумуляторные батареи пока слишком дороги для использования в электромобилях, так называемые батареи редокс-потока – аналоги крупных растений – еще только разрабатываются. Маховики электрогенераторов, хотя и обладают высокой производительностью при кратковременном аккумулировании энергии, но ограничены по ее плотности, гидроаккумуляторы с турбинами – высокопроизводительны, но расточительны (15–20 % потерь при зарядке-разрядке) и слишком громоздки, пневмоаккумуляторы – пока низкоэффективны.

Поэтому на сегодняшний день электрохимические аккумуляторы и, в первую очередь – литий-ионные) остаются оптимальным вариантом хранения электрической энергии на борту КТС. А вот их подзарядка уже не является безальтернативной. Наряду с проводной контактной, возможна и уже начинает активно разрабатываться технология беспроводной передачи энергии в виде электродвижущей силы электромагнитнитной индукции от источника электроэнергии аккумуляторам по принципу магнитного резонанса между двумя катушками (одна – на земле, другая – на электри-

Рис. 5. *Электрозаправочная станция Tesla*

фицированном КТС – гибриде или электромобиле), настроенными на одинаковую частоту. Переменное напряжение электрического тока, полученное со второй катушки на КТС подается на обычное зарядное устройство. Система уже опробована в течение 10 лет на городских автобусах, которые следуют по маршруту и заряжаются на каждой остановке от встроенных в дорогу катушек.

В настоящее время разработаны [7, 8] две технологии беспроводной зарядки, использующие явление электромагнитной индукции. Одна из них, в которой используются сильносвязанные катушки, получила название MI (Magnetic Induction – магнитно-индуктивная), другая со слабосвязанными – MR (Magnetic Resonant – магнитно-резонансная). WPC- и PMA-спецификации базируются на использовании технологии MI, в спецификациях альянса A4WP рекомендуется использование MR. При использовании метода MI для формирования переменного тока в резонансном контуре первичной катушки применяется полумостовой или мостовой преобразователь, тогда как при методе MR – усилитель мощности. Архитектура усилителя мощности может модифицироваться в зависимости от частоты, КПД, тока потребления в режиме ожидания, размеров, стоимости и назначения устройства. Вместе с тем при использовании этих методов следует уделять серьезное внимание снижению потерь на переключение, а также уменьшению паразитных потерь во внешних компонентах.

Поскольку электромагнитная индукция наиболее продуктивна при частотах 20–150 кГц для беспроводных способов зарядки аккумуляторов электромобилей на первый план выходят проблемы уже не безопасности, а электромагнитной совместимости. Установлены [9] возможности передачи одним набором катушек электрической мощности в 3,7 кВт, тремя – уже 11,1 кВт, что усиливает преимущества бесконтактных зарядных устройств, связанных с легкостью и простотой технологической реализации, независимостью от погодных условий и невозможностью актов вандализма, низким износом поверхностей контакта, отсутствием опасности поражения электрическим током. А в числе требующих своего решения проблем продолжают оставаться электромагнитное излучение

Рис. 6. Автомагистраль с системой Dynamic Wireless Power Transfer бесконтактной путевой зарядки аккумуляторов электрифицированных КТС

из-за возникновения блуждающих токов, потери 26–30 % энергии из-за них же, дополнительная потребность в электроэнергии, меди и необходимость совмещения стационарной зарядной платформы с блоком питания или аккумуляторами.

Но и в этом направлении наметился сдвиг – а именно уже не только на теоретическом, но и на практическом уровне прорабатывается возможность подзаряжать или полностью заряжать аккумуляторы электромобиля прямо в пути, не сворачивая с трассы следования и тратя на это несколько часов. В британском министерстве транспорта и государственной дорожной компании Highways England уверяют, что готовы доказать это в ближайшей перспективе по результатам реализации дерзкого альтернативного проекта с системой Dynamic Wireless Power Transfer (DWPT) зарядки аккумуляторов электрифицированных КТС беспроводным способом при их движении (рис. 6) по определенным участкам автомагистрали. Пока речь идет о разработке концепции, реализуемой в пилотном проекте, но с четким практическим настроем на применение в практике эксплуатации электромобилей.

Реализация проекта Dynamic Wireless Power Transfer позволит владельцам электромобилей и гибридных КТС освободиться от жесткой привязки к существующей сети электрозарядных станций, существенно снизить расходы на заправку, а транспортным и инфраструктурным операторам снизить расходы. К реализации дорожной карты в компании Highways England уже приступили. Апробация этой инновации в первоначально пройдет на частных дорогах Великобритании. "Активные" участки трассы – так назаваемые Charger loop – расположатся с интервалом в 30 км на выделенных полосах. Если все пойдет по плану, то на следующем этапе системы DWPT будут развернуты на главных автомагистралях Великобритании. Первый этап позволит исследовать систему в действии, ответить на оставшиеся вопросы, связанны с ее эффективностью и безопасностью, наметить пути устранения обнаруженных проблем в перспективных решениях.

Для создания резонанса (Shaped Magnetic Field In Resonance) между "излучающим" блоком дорожного полотна и приемным блоком электромобиля последние дооснастят электромагнитными катушками и сопутствующим интерфейсом. Испытания будут проводиться в закрытом режиме. Автомобили, участвующие в них, будут оснащены катушками, преобразующими электромагнитное излучение, продуцируемое элементами в дорожном покрытии в зонах петли заряда в электрический ток. Оборудование, осуществляющее беспроводную доставку полезной энергии КТС разместится (рис. 7) под дорожным покрытием.

Несмотря на всю привлекательность такого решения инженеры справедливо полагают, что столкнутся в процессе доводки проекта придется сразу с несколькими проблемами. Одна из них – надежность конструкций, скрывающих оборудование, размещенное под дорожным покрытием. Не менее серьезные вызовы могут бросить и сюр-

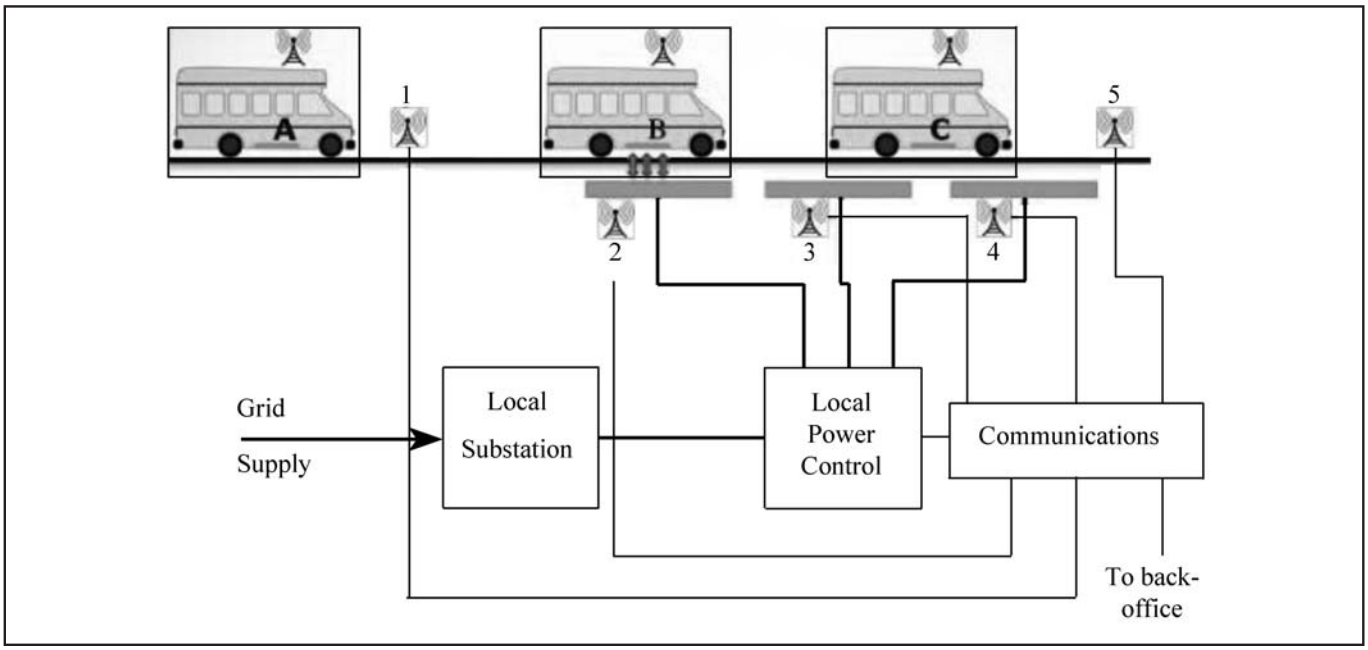


Рис. 7. *Схема беспроводной путевой электрозаправочной инфраструктуры. Обозначения: Grid – сеть; Supply – ресурсы; Local Substation – местная подстанция; Local Power Control – местный контроль режимов; Communications – передача; To brack-office – поиск дефектов*

призы погоды – дождь, снег, гололедица. Четко просчитаны должны быть факторы, связанные в потенциальными рисками для здоровья людей и прочих живых организмов.

Вместе с тем полностью отказаться от стационарных зарядных станций даже в случае успешной реализации проекта DWPT в министерстве транспорта Великобритании не планируют. Напротив, намечено параллельное и взаимодополняющее развитие двух альтернативных систем, при этом стационарные станции на основных магистралях инженеры Highways England планируют размещать с интервалом в 35 км.

Этот беглый анализ проблемы электромобилизациии связанной с ней проблемы окружающей среды, позволяет сделать главный вывод о наличии массы пряпятствий на пути практического использования теоретических возможностей и иинновационных реализаций улучшения экологической систуации. Важнейшая роль в этом процессе принадлежит инфраструктурной составляющей системы энергообеспечения и встроенной в нее электромобилизации. Это следует из самого пристального внимания, которое ей уделяется. Наличие самых разных подходов к решению этой комплексной проблемы, а также наметившаяся интеграция участников ее решения позволяют надеяться на нахождение оптимальных вариантов уже в ближайшем будущем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Siekemeier R.** Der Knoten ist geplatzt // Sonne, Wind und Warme. 2016. 40, № 7–8. S. 78–79.

2. **Siekemeier R.** Einmal volladen, bitte! // Sonne Wind und Warme. 2016. 40, № 7–8. S. 80–83.

3. **Meyer T.** Innovation in Strom// Ind.-Anz. 2016. 138, № 7. S. 34–38.

4. **Busse H.** E-Autos: Wo bleiben die Ladesalen? // Auto, Mot. und Sport. 2016, № 24. S. 22–23.

5. **Frey M.** Geschaftsmodelle fur alle Falle // Sonne und Warme. 2016. 40, № 11. S. 80–83.

6. **Paschotta R.** Speicher für elektrische Energie // www.energie-lexikon.info,enlex.info

7. **Highly** Resonant Wireless Power Transfer: Safe, Efficient, and over Distance. WiTricity Corporation, 2013// www.witricity.com.

8. **Magnetic** Induction or Magnetic Resonance for Wireless Charging? Bodo's Power Systems,January, 2013.

9. **Интернет ресурс** http://www/ extra.research.philips.com/ publ/rep/nl-ur/PRTN2004-01106.pdf.

УДК: 535.379, 665.032, 543.42

ФОТО- И ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ФРАКЦИЙ АБШЕРОНСКОЙ НЕФТИ И ОБРАТИМОЕ АККУМУЛИРОВАНИЕ ИМИ СВЕТОВОЙ ЭНЕРГИИ

А.П. Мамедов, д-р физ.-мат. наук; **Ч.К. Салманова,** д-р хим. наук;
С.Ф. Ахмедбекова, канд. хим. наук; **Ю.А. Абдуллаева,** канд. хим. наук;
А.Ф. Шахвердиева, Н.Р. Дадашова, Э.И. Азизбейли,
Институт нефтехимических процессов им Ю.Г. Мамедалиева, НАН Азербайджана, г. Баку

Исследована фото- и хемилюминесценция 50°-ных фракций Абшеронской (морской) нефти и углеводородов ее остатка (> 500 °С). Рассмотрено влияние термо- и фотовоздействия на их хемилюминесценцию. Установлено, что под действием фотооблучения происходят фотофизические и фотохимические процессы, эффективность которых увеличивается с увеличением температуры кипения фракций. Выявлено, что растворы всех фракций обладают переменной люминесценцией, которая в наиболее высококипящей фракции приобретает многие цвета радуги. Установлены радикальные и молекулярные механизмы термохемилюминесценции и фототермохемилюминесценции, обратимое аккумулирование световой энергии и ее высокая эффективность в высококипящих фракциях Абшеронской нефти.

Ключевые слова: фотооблучение; растворы фракций; фотохимические процессы; тяжелые нефтяные остатки; свободные радикалы; плотность; интенсивность люминесценции.

PHOTO- AND CHEMILUMINESCENCE OF HYDROCARBON FRACTIONS OF ABSHERON OIL AND THEIR REVERSIBLE ACCUMULATION OF LIGHT ENERGY

Mamedov A.P., Salmanova Ch.K., Ahmadbekova S.F.,
Abdullayeva Yu.A., Shahverdiyeva A.F., Dadashova N.R., Azizbayli E.I.,
Institute of Petrochemical Processes named after Yu.G.Mamedaliyev, Baku

Studied photo- and chemiluminescence of 50° fractions of Absheron (marine) oil and its hydrocarbon residue (>500 °C). Considered the effect of thermo- and photoexcitation on their chemiluminescence. It was found that under the influence of photoirradiation, occurs photophysical and photochemical processes, the effectiveness of which, increases with increasing the temperature of boiling fractions. It was found that the solutions of all factions have a variable luminescence, which is the most high-boiling fraction acquires many colors of the rainbow. Installed radical and molecular mechanisms of thermochemiluminescence and photothermochemiluminescence, reversible accumulation of light energy and its high efficiency in high-boiling fractions of Absheron oil.

Keywords: photoirradiation; fractions solutions; photochemical processes; heavy oil residues; free radicals; density; the intensities of the luminescence.

В связи с особенностями состава, структуры, физико-химических характеристик и биологической активности ряда нефтей Азербайджана в последние годы появился ряд работ, относящийся к чувствительности их к слабым энергетическим воздействиям. Выявлено, что эти нефти характе-

ризуются гибридной структурой с большой водородной недостаточностью [1]. Такие особенности структуры характерны только нефтям некоторых месторождений и их дистиллятным фракциям, содержащим фрагменты с подвижным атомом водорода (доноры атомарного водорода), содержание которых в целом увеличивается с увеличением температуры кипения фракций. Было показано, что углеводороды (УВ) тяжелых нефтяных остатков (ТНО) (> 500 °С) независимо от их месторождения содержат значительное количество соединений, которые при действии на них слабых энергетических воздействий разлагаются с образованием радикалов [2]. Эти процессы происходят при небольшом нагреве (начиная от 20 °С), а также при облучении длинноволновым видимым и инфракрасным излучениями.

Методами термохемилюминесценции (ТХЛ) и фототермохемилюминесценции (ФТХЛ) исследованы влияния указанных энергетических воздействий на УВ ТНО целого ряда нефтей (Сураханской, Балаханской, Нафталанской и др.) [3]. Эти методы являются одними из наиболее простых и чувствительных для обнаружения свободных радикалов, генерированных при термическом воздействии и фотооблучении органических соединений. Представляет интерес исследование этими методами УВ фракций нефтей в зависимости от температуры кипения. Эта зависимость изучена только для Сураханской нефти, являющейся одной из легких (плотность при 20 °С 802,3 кг/м^3) [4].

Цвет люминесценции фракций Абшеронской нефти и их интенсивность

Фракция нефти, °С	Цвет люминесценции	Интенсивность люминесценции
150–200	Бесцветный	Слабая
200–250	Бесцветный	Слабая
250–300	Бесцветный	Слабая
300–350	Фиолетовый	Слабая
400–450	Голубой	Средняя
450–500	Бирюзовый	Средняя
Остаток (> 500 °С), очищенный от САВ	Желтый	Сильная

В настоящей работе указанная зависимость исследована для Абшеронской нефти, являющейся одной из тяжелых (плотность 919,4 кг/м^3).

Результаты исследования ароматических углеводородов (АУВ) по электронным спектрам поглощения 50°-ных фракций (150–200, 200–250, 250–300, 300–350, 400–450, 450–500 °С) и очищенной от смол и асфальтенов фракции > 500 °С этой нефти показали, что в относительно низкокипящих фракциях (150–200, 200–250 °С) наблюдаются, главным образом, бензольные и нафталиновые УВ. С увеличением температуры кипения фракций (250–300, 300–350 °С) происходит уменьшение интенсивности полос бензольных, увеличение интенсивности полос нафталиновых и появляются полосы фенантреновых УВ. Дальнейшее увеличение температуры кипения фракций (450–500, > 500 °С) приводит к уменьшению интенсивности всех обнаруженных полос и появлению полос, связанные с четырех- и пятициклическими конденсированными АУВ.

При возбуждении указанных фракций неразложенным светом ртутной лампы (ПРК-2) с использованием светофильтра УФС-1 (область пропускания 240–400 нм) происходит их люминесценция, цвет и интенсивность которых указана в таблице.

Характерной особенностью указанных фракций является то, что несмотря на их многокомпонентность при их возбуждении в широкой области электронного спектра поглощения, преимущественно происходит люминесценция наиболее высокомолекулярных АУВ. Это происходит из-за эффективной каскадной передачи энергии от низкомолекулярных к высокомолекулярным АУВ [5]:

$$\text{АУВ}_{\text{м}} + h\nu_1 \rightarrow \text{АУВ}^*_{\text{м}} \rightarrow \text{АУВ}_{\text{м}} + h\nu_2, \qquad (1)$$

$$\textit{АУВ}_{\text{с}} + h\nu_2 \rightarrow \textit{АУВ}^*_{\text{с}} \rightarrow \textit{АУВ}_{\text{с}} + h\nu_3, \qquad (2)$$

$$\text{АУВ}_{\text{б}} + h\nu_3 \rightarrow \text{АУВ}^*_{\text{б}} \rightarrow \text{АУВ}_{\text{б}} + h\nu_4, \qquad (3)$$

где $h\nu_1 > h\nu_2 > h\nu_3 > h\nu_4$ – кванты света, а $\textit{АУВ}_{\text{м}}$, $\textit{АУВ}_{\text{с}}$, $\textit{АУВ}_{\text{б}}$ соответственно ароматические углеводороды с малой, средней и большой молекулярной массой.

Другая особенность фотолюминесценции этих фракций заключается в том, что растворы этих фракций обладают переменными люминесцентными свойствами, что обусловлено изменением

цвета люминесценции при изменении концентрации их растворов [6]. Особенно существенно этот эффект происходит для высокомолекулярных АУВ, содержание которых в нефтях, как правило, уменьшается с увеличением степени конденсации их ароматических ядер. Поэтому в растворах этих УВ концентрация наиболее высококольчатых АУВ становится ниже критической, при которой их люминесценция не наблюдается. При этом наблюдается люминесценция АУВ с меньшей степенью цикличности, обладающая более коротковолновой люминесценцией. Коротковолновое смещение видимой люминесценции при увеличении степени разбавления раствора продолжается, пока не достигается самая коротковолновая, обусловленная фенантреновыми УВ. Таким образом, насыщенный раствор красно-оранжевого цвета люминесценции при достаточной степени разбавления приобретает практически все цвета радуги. Следовательно, растворы одного ТНО практически могут заменить до 7 синтетических люминофоров с фиолетовым, синим, голубым, зеленым, желтым, оранжевым и красным цветами свечения. Кроме этих цветов люминесценции можно наблюдать и другие цвета, например сине-голубой, бирюзовый, желто-зеленый и т.д. В настоящее время люминофоры с желто-зеленой люминесценцией нашли наибольшее применение [7]. Этот цвет люминесценции наблюдается при увеличении концентрации раствора, обладающий зеленой люминесценцией. Сопоставление интенсивности люминесценции этого раствора с интенсивностью люминесценции синтетического люминофора с желто-зеленой люминесценцией [8] показало, что квантовый выход первого составляет около 0,3. Изменения цвета люминесценции высококольчатых АУВ ТНО (> 500 °С) схематически могут быть изображены следующим образом:

$$\begin{aligned}&\text{АУВ}_n + \text{УВР} + h\nu_5 \rightarrow \\ &\rightarrow \text{АУВ}_n^* + \text{УВР} \rightarrow \text{АУВ}_n + \text{УВР} + h\nu_6,\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}&\text{АУВ}_{n-1} + \text{УВР} + h\nu_7 \rightarrow \\ &\rightarrow \text{АУВ}_{n-1}^* + m_1\text{УВР} \rightarrow \text{АУВ}_{n-1} + m_1\text{УВР} + h\nu_8,\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}&\text{АУВ}_{n-2} + m_2\text{УВР} + h\nu_9 \rightarrow \\ &\rightarrow \text{АУВ}_{n-2}^* + m_2\text{УВР} \rightarrow \text{АУВ}_{n-2} + m_2\text{УВР} + h\nu_{10},\end{aligned} \tag{6}$$

где n – степень конденсации ароматических ядер; УВР – углеводородный растворитель; m_1 и m_2 – кратность растворителя в растворе ($m_1 > m_2$), $h\nu_5 > h\nu_6 > h\nu_7 > h\nu_8 > h\nu_9 > h\nu_{10}$ – кванты поглощенного света и люминесценции.

Процессы (1)–(3) и (4)–(6) являются фотофизическими, связанными с поглощением и излучением света, а также с передачей энергии между молекулами. Однако следует отметить, что при фотовоздействии могут происходить и фотохимические, а при наличии молекулярного кислорода фотоокислительные процессы. Эти процессы зависят от энергий С–Н и С–С связей молекул УВ (RH).

В органических соединениях со слабыми С–Н и С–С связями, для которых энергия триплетного состояния (E_T) больше, чем энергия С–Н и С–С связей ($E_{C-H,\ C-C}$) под действием слабых энергических термо- и фото- воздействий, а также молекулярного кислорода, происходит образование радикалов $R^\bullet$ и $RO_2^\bullet$:

$$RH \rightarrow R^\bullet + H (H + RH \rightarrow H_2 + R^\bullet);$$

$$RH + O_2 \rightarrow R^\bullet + HO_2^\bullet;$$

$$R^\bullet + O_2 \rightarrow RO_2^\bullet. \tag{7}$$

При избытке кислорода концентрация радикалов $RO_2^\bullet$ становится намного больше, чем концентрация $R^\bullet$ и практически единственной реакций остается реакция их рекомбинации [9, 10]. Рекомбинация радикалов $RO_2^\bullet$ как экзотермическая реакция сопровождается выделением энергии в виде квантов света по схеме:

$$\begin{aligned}&RO_2^\bullet + RO_2^\bullet \rightarrow ROOOOR \rightarrow \\ &\rightarrow > C = O^* + ROH + {}^1O_2 \rightarrow \\ &\rightarrow > C = O + ROH + O_2 + h\nu_{11}.\end{aligned} \tag{8}$$

Максимумы ТХЛ, связанные с разрывом С–С связи, обычно не обнаруживаются из-за эффекта клетки. Однако во многих соединениях наблюдаются несколько максимумов ТХЛ, связанные с различными энергиями связи С–Н.

Практический интерес представляют наиболее низкотемпературные максимумы ТХЛ синтетических и природных органических соединений, что связано с их биологической активностью. Эти максимумы обнаружены в ряде органических соедине-

ний, в том числе и в дистиллятных фракциях некоторых нефтей, имеющих соединения с подвижными атомами водорода. Такие структуры имеются и в УВ ТНО (> 500 °С) многих нефтей (Сураханской, Балаханской, Нафталанской, Абшеронской и др. месторождений). Особенно интересным было изучение высокой чувствительности этих УВ к воздействию света в широком спектральном диапазоне, включающем не только УФ и видимую область, но и коротковолновую инфракрасную. Это открывает большие возможности для повышения чувствительности указанных УВ к солнечному излучению. Максимум в спектре солнечного излучения находится при ~ 450 нм. Поэтому представляет интерес изучение воздействия солнечного, имитированного солнечного, а также искусственного излучения на ТХЛ УВ фракций нефтей, поглощающих в более коротковолновой области спектра, чем УВ остатков (> 500 °С). К настоящему времени такая зависимость исследована только для двух нефтей – Нафталанской и Сураханской [3, 4].

В настоящей работе исследованы ТХЛ и ФТХЛ фракций нефти Абшеронского месторождения. Физико-химические характеристики этой нефти следующие: молярная масса – 382, плотность при 20 °С – 914,4 кг/м^3, вязкость при 30 °С – 77,5 мм^2/с, коксуемость – 3,64 %, температура застывания – минус 34 °С, температура вспышки – 25 °С. Содержание в % (масс.) – твердых парафинов 1,09; смол – 15,12; асфальтенов – 0,21; серы – 0,31.

На рис. 1, *а–в* представлены кривые ТХЛ и ФТХЛ 50°-ных фракций и УВ остатка (> 500 °С) Абшеронской нефти в интервале 20–220 °С. Как видно из рисунка, низкокипящие фракции (150–200, 200–250 °С) не обладают ТХЛ и ФТХЛ, а высококипящие фракции (400–450, 450–500, > 500 °С) имеют интенсивные ТХЛ и ФТХЛ. Их интенсивность в целом растет с увеличением температур кипения фракций.

Сопоставление интенсивности наиболее высокотемпературного максимума ТХЛ высококипящих фракций показывает, что они, как правило, после воздействия света ртутной лампы уменьшаются. При этом интенсивность относительно низкотемпературных максимумов (при 55, 90 °С) увеличивается. Отметим, что для фракции > 500 °С, наряду с пиками при 55 и 90 °С, наблюдается также пик при 105 °С.

Интенсивность максимумов ТХЛ и ФТХЛ фракций 250–300, 300–350 °С изменяется по-разному. Наблюдаемый максимум ТХЛ при 195 °С для фракции 250 –300 °С после воздействия света ртутной лампы исчезает. В то время как для необлученной фракции 300–350 °С максимумы ТХЛ практически не наблюдаются, однако после воздействия света ртутной лампы возникает интенсивный максимум ФТХЛ при 195 °С.

Однако существует фундаментальное положение по физико-химическим свойствам фракций нефти, заключающееся в том, что с увеличением температуры их кипения происходит уменьшение температуры разложения [11].

Относительно низкокипящие фракции нефти, обладающие сравнительно высокой энергией С–Н и С–С связи, не разлагаются и не окисляются в области 20–200 °С. При этом не наблюдается их ХЛ.

Известно, что для возникновения ХЛ многих органических соединений необходима рекомбинация пероксидных радикалов по схеме реакции (8).

Однако во многих органических соединениях наблюдаются несколько максимумов ТХЛ связанных с различными энергиями связи С–Н.

Существует и другой, не радикальный механизм возникновения ФТХЛ, связанный с взаимодействием ароматических УВ с молекулярным кислородом, который более эффективен для полициклических аценов [12]:

$$\left.\begin{array}{l} \text{АУВ}(S)+{}^1O_2 \\ \text{АУВ}(S^*)+{}^3O_2 \end{array}\right] \rightarrow \begin{array}{l} \text{эндопероксид АУВ} \xrightarrow{t} \\ \rightarrow \text{АУВ}(S)+{}^3O_2+h\nu_{12}. \end{array} \qquad (9)$$

С учетом вышеизложенного, следует считать, что отсутствие ТХЛ и ФТХЛ для низкокипящих фракций (150–200, 200–250 °С) связаны в основном с наличием низкомолекулярных алканов и бензольных УВ с относительно большой энергией С–Н связи.

Это предположение для указанных фракций находит следующее объяснение. Во первых, наблюдаются дополнительные максимумы ФТХЛ в области 55 и 90 °С и выше, связанные с образованием эндопероксидов реакция 9). Во-вторых, об-

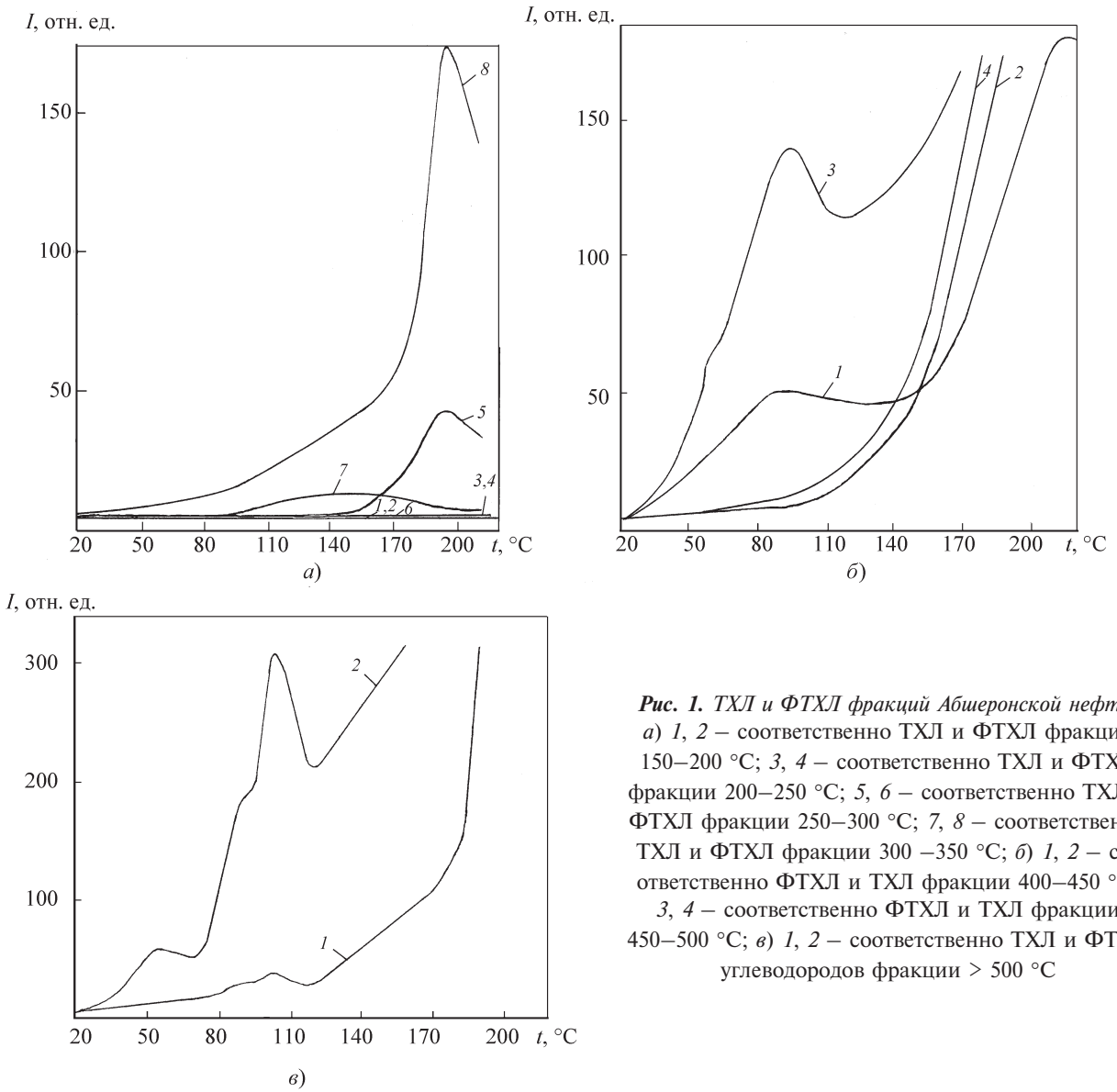


Рис. 1. *ТХЛ и ФТХЛ фракций Абшеронской нефти:* *а*) *1*, *2* – соответственно ТХЛ и ФТХЛ фракции 150–200 °С; *3*, *4* – соответственно ТХЛ и ФТХЛ фракции 200–250 °С; *5*, *6* – соответственно ТХЛ и ФТХЛ фракции 250–300 °С; *7*, *8* – соответственно ТХЛ и ФТХЛ фракции 300 –350 °С; *б*) *1*, *2* – соответственно ФТХЛ и ТХЛ фракции 400–450 °С; *3*, *4* – соответственно ФТХЛ и ТХЛ фракции 450–500 °С; *в*) *1*, *2* – соответственно ТХЛ и ФТХЛ углеводородов фракции > 500 °С

разование последних сопровождается уменьшением интенсивности наиболее высокотемпературных максимумов ФТХЛ. В третьих, при облучении высококольчатых ароматических УВ фракций, как правило, происходит уменьшение интенсивности максимумов в их электронных спектрах поглощения, связанные с образованием –О–О– связи в среднем кольце этих УВ, приводящих к уменьшению степени конденсированности последних [13].

Относительно низкотемпературный максимум ФТХЛ (при 55 °С), наблюдаемый во фракциях 400–450, 450–500 и > 500 °С, вероятно, обусловлен реакцией (8), связанной с распадом наиболее слабой С–Н связи в гибридных структурах.

Эксперименты, свидетельствующие об увеличении эффективности ФТХЛ, связанной с окислением ароматических УВ по радикальному механизму, обнаружены нами впервые. Как было показано выше, только для фракции 300–350 °С был обнаружен такой экспериментальный факт. Этот факт встречается редко, однако теоретически он возможен, особенно в сложных нефтяных системах.

Анализ электронных спектров поглощения фракций Абшеронской нефти показал, что во фракции с температурой кипения 300–350 °С, в отличие от низкокипящих фракций, появляются фенантреновые УВ. Последние, в отличие от низкокипящих ароматических УВ, обладают относительно большим временем триплетного состояния (3,3 с) [14, 15]. Это приводит к увеличению эффективности двухквантовых химических процессов, в результате которых увеличивается вероятность образования высоковозбужденного триплетного состояния ароматических УВ. Поэтому возникает возможность передачи энергии от последних к их алкильным заместителям, α- углеродные атомы которых обладают наименьшей энергией С–Н связи. Далее с участием молекулярного кислорода возникает ХЛ по реакции (8).

Сопоставление ФТХЛ различных фракций Абшеронской нефти (рис. 1, *б* и *в*) показывает, что наиболее интенсивные пики возникают для УВ фракции > 500 °С после фотооблучения ртутной лампой в течение 10 с. Более высокая интенсивность ФТХЛ у последнего за короткое время облучения делает интересным сопоставление его с интенсивностью солнечного излучения. Из рис. 1, *в* видно, что после воздействия последнего УВ фракции > 500 °С в течение 10 с интенсивность ФТХЛ становится ощутимой.

Высокая чувствительность УВ остатка (> 500 °С) Абшеронской нефти в широком спектральном диапазоне и обратимое аккумулирование ими световой и в том числе солнечной энергии дают основание считать, что эти УВ, как одни из доступных и имеющих большие сырьевые ресурсы, могут быть использованы как для разработки бестопливных и беспроводных "холодных" источников света, так и для использования в качестве фотоинициированного окисления, начиная от комнатной температуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Самедова Ф.И.** Нефти Азербайджана. Баку: Элм, 2011, 410 с.

2. **Салманова Ч.К., Мамедов А.П., Джафарова Р.А. и др.** Термохемилюминесценция нефтепродуктов в реакциях жидкофазного инициированного окисления // Мир нефтепродуктов, 2015. № 11. С. 33–37.

3. **Аббасов В.М., Мамедов А.П., Джафарова Р.А. и др.** Хемилюминесценция и свободные радикалы в лечебной нафталанской нефти // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2007. № 4 (31). С. 19–28.

4. **Самедова Ф.И., Джафарова Р.А., Йолчуева У.Дж. и др.** УФ- и ЯМР^{1}Н спектроскопические исследования ароматических углеводородов нефти месторождения Сураханы // Доклады НАНА, 2015, LXXI, № 1. С. 51–55.

5. **Салманова Ч.К., Джафарова Р.А., Мусаев Дж.Дж., Мамедов А.П., Ахмедбекова С.Ф.** Термолюминесценция фотооблученных нефтяных люминофоров пиролизного происхождения // Химия высоких энергий, 2009. Т. 43. № 5. С. 465–472.

6. **Салманова Ч.К., Мусаев Дж.Дж., Джафарова Р.А., Мамедов А.П.** Нефтяные люминофоры пиролизного происхождения и передача энергии между их компонентами // Журнал прикладной химии, 2010. Вып. 6. С. 977–982.

7. **Красовицкий Б.И., Болотин Б.М.** Органические люминофоры. М.: Химия. 1984. 335 с.

8. **Фотолюминесценция** кристаллов $PbBr_2$ CH_3NH_2 при высоких уровнях оптического возбуждения. Неорганические материалы. 2001. Т. 37. № 7. 886 с.

9. **Васильев Р.Ф., Трофимов А.В.** Образование диоксетанов при окислении углеводородов, ингибированном фенолами // Кинетика и катализ, 2009. Т. 50. № 4. С. 562–564.

10. **Васильев Р.Ф.** Химичечкое возбуждение в реакциях органических пероксидов / Сб. Химия органических пероксидов // Под ред. Н.М. Эммануэля. Волгоград: Изд-во Волгоградского политехнического института, 1982. С. 75–91.

11. **Сергиенко С.Р.** Высокомолекулярные соединения нефти. М.: Химия, 1964. 541с.

12. **Салманова Ч.К.** Фотоокислительные превращения нефтяного люминофора на основе тяжелой смолы пиролиза // Нефтехимия, 2005. Т. 45. № 2. С. 151–156.

13. **Салманова Ч.К.** Дисс. ... докт. хим. наук. Баку: НАНА, 2011. 283 с.

14. **Кричевский Г.Е.** Фотохимические превращения красителей и светостабилизация окрашенных материалов. М.: Химия, 1986. 248 с.

15. **Холмогоров В.Е., Рылхов В.В., Бобровский А.П.** Двухквантовые реакции сенсибилизированного распада органических соединений. Молекулярная фотоника. Л.: Наука, 1970. 106 с.

6-Й ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ГАЗОВЫЙ ФОРУМ

А.С. Савченко

Около 10 тыс. специалистов топливно-энергетического комплекса из 36 стран мира приняли участие в работе 6-го Петербургского Международного газового форума (ПМГФ), который прошел в конгрессно-выставочном центре "Экспофорум" с 4 по 7 октября 2016 г.

Выступая с приветственным словом, Председатель правления ПАО "Газпром" А.Б. Миллер назвал форум признанной площадкой для дискуссии о развитии мировой газовой отрасли, а губернатор Санкт-Петербурга Г.С. Полтавченко отметил, что ключевое нефтегазовое мероприятие не случайно проходит в Петербурге, ведь именно здесь почти 200 лет назад зародилась газовая отрасль, и за много лет город стал родоначальником и центром многих направлений ее развития.

На ключевом событии деловой программы – пленарном заседании на тему "Газовая отрасль: энергетическая основа мировой экономики" – руководители крупнейших нефтегазовых компаний мира оценили состояние и емкость рынка природного газа в своих странах и в мире в целом. По словам Председателя правления ПАО "Газпром" А.Б. Миллера, ожидается рост мирового потребления газа через 15 лет на 30 % – с 3,5 трлн м^3 в настоящее время: "По нашей оценке, в течение ближайших 25 лет среднегодовые темпы роста потребления газа в мире будут в 3,5 раза выше, чем жидких углеводородов и угля. И таким образом, буквально через 15 лет объем мирового потребления газа вырастет на 30 %. Другая проблема, стоящая перед мировой экономикой, – дефицит собственных энергетических ресурсов в основных развитых странах, которые являются нетто-импортерами газа". Ярким примером активного роста потребления газа является Китай. Крупнейшую корпорацию КНР – CNPC – представил вице-президент компании Вэньжун Сюй: "С 2000 г. ежегодный объем потребления увеличился с 24,5 млрд до 191,6 млрд м^3 к 2015 г., а если сравнивать показатели прошлого текущего года с текущим, рост составил 15 %". Главный исполнительный директор Royal Dutch Shell plc Бен ван Берден и член Правления OMV Манфред Ляйтнер заметили, что в нынешних условиях неизбежна и необходима кооперация крупнейших игроков газовой отрасли.

В рамках Форума прошли различные мероприятия, посвященные развитию российской газомоторной отрасли и использованию КПГ и СПГ в качестве топлива. "Мировой объем малотоннажного производства сжиженного природного газа вырастет с 25,5 млн т в 2015 г. до 62 млн т к 2020 г.", – такой прогноз озвучил Член правления, главный инженер – заместитель генерального директора ООО "Газпром газомоторное топливо" В.С. Хахалкин на прикладной конференции "Ключевые аспекты использования СПГ в качестве моторного топлива".

Второй год диалог поколений в энергетической и газовой отрасли возобновился на "Молодежном дне", где представители

По команде А.Б. Миллера были запущены 14 новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в шести федеральных округах – от Сахалина до Санкт-Петербурга

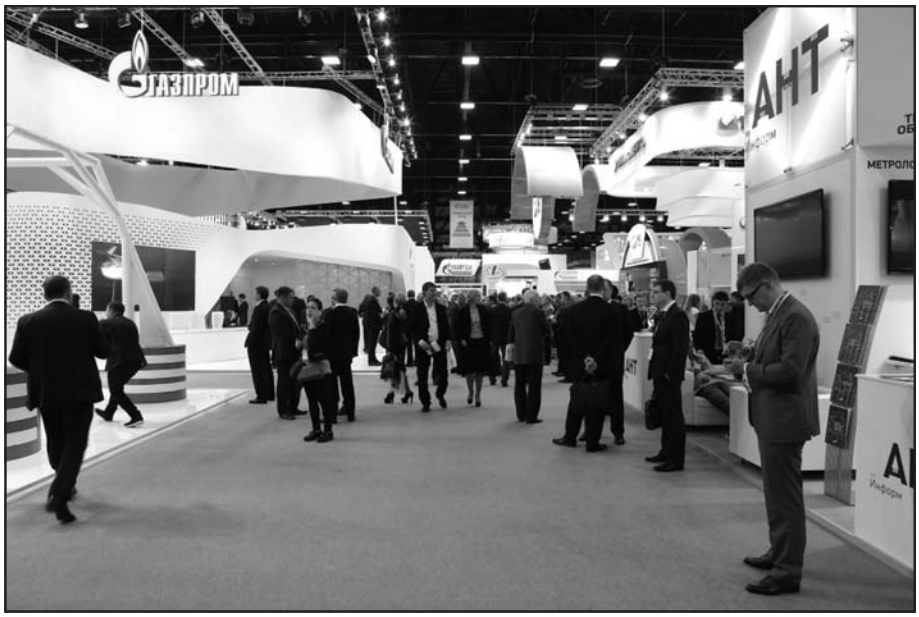
ведущих энергетических компаний, таких как ПАО "Газпром", N.v. Nederlandse Gasunie, Uniper AG, Shell и Wintershall Holding GmbH, встретились с более 200 студентами из 12 стран. В рамках "Молодежного дня" прошли воркшопы на разные темы: "Инновации – разрушение границ", "Роль СПГ в энергетике будущего", "Анализ рисков в энергетике", "Новые технологические вызовы: сценарии развития энергетики", где 135 студентов со всей России были разделены на четыре команды под руководством опытных модераторов. Каждая команда решала свою задачу: от разработки бизнес-стратегии для проекта оффшорного СПГ до оценки рисков международного газотранспортного проекта. Также состоялся кейс-турнир "Энергия сегодня и завтра". В нем 7 команд из России, Германии, Нидерландов и Франции сражались за главный приз – учебную поездку по энергетическим компаниями-партнерам. Победителем стала российская команда – Chemical Squad.

Конгрессная программа была дополнена обширной экспозицией, которая на площади 25 тыс. м^2 объединила три международных отраслевых выставки: "InGAS Stream – Инновации в газовой отрасли", "Газомоторное топливо" и "РОС–ГАЗ–ЭКСПО", участниками которых стали более 500 компаний из 14 стран.

Международная выставка InGAS Stream – одно из ведущих мероприятий, представляющих новейшие технологии, товары и услуги для газовой отрасли – в этом году собрала порядка 250 ведущих компаний, среди которых разработчики инновационных продуктов и технологий, проектные организации и научно-исследовательские структуры, принимающие участие в формировании государственных и региональных программ газификации, энергосбережения, разработки малых месторождений и освоения новых источников углеводородного сырья. Так, Группа ЧТПЗ представила образцы высокотехнологичного оборудования: трубы с коннектором, трубы и отводы из коррозионно-стойких марок сталей для заводов СПГ, резьбовые соединения. На специализированном стенде компании "Газпром газэнергосеть", посвященном электронной торговле, в режиме реального времени посетители смогли проследить ход электронного аукциона, ознакомиться с механизмом торгов на электронной торговой площадке и получить консультацию специалистов компании. Компания "Сургут перевалка" продемонстрировала проект по возведению Комплекса технологических установок по переработке фракции 340 °С–КК газового конденсата, а международная энергетическая компания Uniper SE презентовала инновационные проекты для развития газовой отрасли.

В выставке "Газомоторное топливо" приняли участие ведущие российские и международные компании отрасли и представили практически все направления работ по развитию газомоторной инфраструктуры. На стенде "Газпром газомоторное топливо" в режиме прямой трансляции по команде А.Б. Миллера были

Министр промышленности и торговли РФ Д.В. Мантуров (в центре)



Одной из центральных на форуме стала тема импортозамещения, которая нашла отражение как в деловой программе, так и выставочной части

запущены 14 новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций в шести федеральных округах – от Сахалина до Санкт-Петербурга. Кроме того, компанией "Газпром газомоторное топливо" была организована специализированная экспозиция с участием производителей техники и оборудования, связанных с природным газом как моторным топливом: ООО "Кировский завод Газовые технологии", ЗАО "Барренс", MobiGas, ОАО "АВТОВАЗ", ГК "Ротор Инжиниринг". Международным опытом по использованию природного газа и созданию условий для роста рынка газомоторного топлива поделились партнеры форума ? Национальный газомоторный консорциум Италии (NGV Italy). Последние разработки и достижения в отрасли продемонстрировали участники из Кореи – KANGV (Корейская национальная газомоторная ассоциация) и ведущие компании Республики – ILJIN Composites, TK-FUJIKIN, HAMI TECH, KNMT.

Одной из центральных на форуме стала тема импортозамещения, которая нашла отражение как в выставочной части, так и в деловой программе. На экспозиции "Импортозамещение в газовой отрасли" площадью 1200 м^2 около 30 предприятий-изготовителей импортозамещающего оборудования для нефтегазовой отрасли, таких как ПАО "ТМК", АО "ОМК", "Силовые машины", "Группа ЧТПЗ", "ТЭМЗ", "Борхиммаш", "Северсталь", "Текон", "Космос–нефть–газ", "НГ-Энерго" и др., показали более 100 образцов и макетов техники и технологий. В рамках форума прошло заседание межведомственной рабочей группы по снижению зависимости российского ТЭК от импорта (МРГ) с участием Министра промышленности и торговли Российской Федерации Д.В. Мантурова. Он отметил, что в январе 2017 г. вступит в силу 925-е постановление Правительства РФ, которое устанавливает приоритет товаров, работ и услуг российского происхождения при осуществлении закупок компаниями с госучастием: "Мы также готовим критерии отнесения к российской продукции наиболее значимых видов нефтегазового оборудования – соответствующие дополнения в 719-е постановление будут внесены в правительство. Все эти требования компаниям ТЭК необходимо будет учесть в рамках своей закупочной деятельности", – отметил Д.В. Мантуров. В ходе заседания Председатель правления "Газпрома" А.Б. Миллер выразил благодарность РФ и МРГ за эффективные формы работы, развитие и тиражирование творческого подхода к вопросам импортозамещения в отрасли: "Мы, "Газпром", министерство и рабочая группа по импортозамещению в ТЭК, за короткий срок внедрили новые формы работы и получили новые результаты. Мы пошли по пути заключения договоров, специнвестконтрактов, дорожных карт по конкретным предприятиям и регионам. Результатом по отдельным областям стало увеличение за три года на 30 % закупок по программам импортозамещения", – заявил А.Б. Миллер.

Петербургский Международный газовый форум прошел при поддержке Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, Министерства энергетики Российской Федерации, Правительства Санкт-Петербурга, Российского газового общества и NGV Italy.

Свечи для автомобилей с двигателем, переоборудованным под газовое топливо

Алексей Савельев, специалист компании Bosch

Сегодня многие АТП оснащают свои автомобили газобаллонным оборудованием (ГБО), переходя с бензинового на газовое топливо. Причина такой модернизации – более низкая стоимость газа по сравнению с бензином. Выбирая ГБО, обычно наводят справки о расходе топлива, безопасности, заправках и т.п. Алексей Савельев, специалист компании Bosch, отвечает на наиболее популярные вопросы о свечах зажигания для автомобилей с двигателями, работающих на газе.

– Нужно ли менять свечи при установке ГБО?

– Для газовых двигателей необходимы свечи, обладающие определенными характеристиками. Дело в том, что газ требует более высокого напряжения зажигания. Если, например, в бензиновом двигателе оно составляет 14 кВ, то после переоборудования для надежного воспламенения требуется 16 кВ. Кроме того, в камерах сгорания при использовании газа возникают более высокие температуры. Эти факторы приводят к более быстрому износу электродов. С учетом последнего, срок службы штатных свечей сокращается, их необходимо менять чаще. Поэтому в переоборудованном на газ автомобиле рекомендуется использовать специальные свечи зажигания.

– Какие свечи зажигания нужно использовать при переходе на газ?

– Качество свечи зажигания является основой надежности, КПД и срока службы двигателя. Для автомобилей с ГБО рекомендуется использовать свечи, изготовленные из прочных материалов, стойких к температурным и химическим воздействиям. Кроме того, за счет измененной конструкции такие свечи поддерживают оптимальную температуру в камере сгорания.

Для автомобилей с ГБО рекомендуется использовать фирменные свечи зажигания

Будучи одним из ведущих производителей компонентов для автомобилей, Bosch производит свечи зажигания, идеально отвечающие требованиям автомобилей, переоборудованных для работы на газе. Вся продукция компании имеет специальное никелевое покрытие, стойкое к воздействию высоких температур и агрессивных веществ. Специальные платино-иридиевые свечи зажигания Bosch имеют высококачественный центральный и боковой электрод со сплавом платины с иридием. Они отличаются значительно более длительным сроком службы и поэтому оптимально подходят для работы на газе, увеличивая интервал замены свечей.

– Можно ли провести замену свечей самостоятельно?

Если вы хорошо знаете свой автомобиль, можно заменить свечи и самостоятельно, соблюдая правила безопасности и учитывая момент затяжки свечей. Однако устройство современных автомобилей становится все более сложным, поэтому рекомендуется даже такие простые операции, как замена свечей, проводить на станциях техобслуживания. Сотрудники СТО сети "Бош Сервис" могут корректно подобрать свечи для переоборудованных на газ автомобилей с помощью программного обеспечения ESI[tronic]. В случае сложных современных моделей двигателей, замену свечей следует доверить только специалисту автосервиса.

Интервью взял В. Заключаев

75 лет УралАЗу

М.В. Кузнецова

Автомобильный завод "Урал" отметил 75-летие со дня основания. Созданный в 1941 г. автозавод является сегодня ведущим производителем внедорожных грузовиков в России. С конвейера предприятия сходят полноприводные грузовые автомобили грузоподъемностью от 4 до 23 т, вахтовые автобусы пассажировместимостью от 22 до 30 мест, грузопассажирские автомобили. За 75 лет автозавод "Урал" выпустил на дороги всего мира более полутора миллионов грузовиков.

Автомобильный завод "Урал" отметил 75-летие со дня основания. Продукция автозавода "Урал" включает полноприводные грузовые автомобили и шасси колесных формул 4×4, 6×6, 8×8 грузоподъемностью от 4 до 23 т; вахтовые автобусы на базе полноприводных автомобилей "Урал" с колесными формулами 4×4 и 6×6, а также грузопассажирские автомобили. Высокая эффективность в эксплуатации, функциональность, надежность и ремонтопригодность, проходимость на грани возможного для колесной техники обеспечивают широкую применяемость автомобилей в строительстве, нефтяной и газовой добыче, лесных работах, в сельском хозяйстве, горной промышленности и других отраслях. Шасси автомобилей "Урал" служит основой для создания более 400 модификаций спецтехники, включая вахтовые автобусы, подъемные краны, автоцистерны, топливозаправщики, пожарные автомобили, ремонтные мастерские и др.

История автозавода "Урал" началась 30 ноября 1941 г. – в этот день Государственный Комитет обороны СССР принял решение об организации в Миассе автомоторного и литейного производств, эвакуированных с Московского автомобильного завода имени Сталина (ЗИС). В срочном порядке в Миассе возводились производственные корпуса, и уже в марте 1942 г. начал работать первый цех нового завода, а в апреле 1942 г. были собраны первые двигатели и коробки передач.

Первый уральский автомобиль ЗиС-5В, прозванный в народе "Захаром", сошел с конвейера 8 июля 1944 г. Двухосная бортовая машина грузоподъемностью 3 т в целях экономии и легкости управления имела упрощенную конструкцию, на ее шасси делались топливозаправщики, полевые мастерские, понтонные автомобили и др. Преемниками ЗиС-5В стали "Урал-Зис-355М", трехосные автомобили "Урал-375", дизельные "Уралы-4320", ставшие основой для создания целых семейства грузовиков.

Автомобиль ЗИС выезжает из проходной завода в Миассе

Уральские грузовики всегда отличали такие качества, как надежность, выносливость, повышенная проходимость. Автомобили "Урал" регулярно участвуют в ликвидации последствий стихийных бедствий в различных странах мира. Весной 2005 г. уральские внедорожники были задействованы в спасательных операциях в Индокитае: миасские грузовики перевезли более тысячи тонн продуктов и медикаментов и участвовали в разборе завалов. В сентябре 2005 г. "Уралы" работали в Новом Орлеане (США) на устранении последствий урагана "Катрина". В 2005 г. на побережье Мексики "Уралы" помогали устранять последствия тропического шторма "Стэн" и урагана "Вилма", в 2013 г. ликвидировали последствия тропических штормов "Ингрид" и "Мануэль". С помощью "Уралов" удавалось преодолевать водные преграды, перевозить пострадавших, эвакуировать транспорт. С 2012 г. "Урал" работает в Антарктиде на научной базе Artigas республики Уругвай, машина используется при исследованиях материка. В августе–сентябре 2013 г. и 2016-м автомобили "Урал" приходили на

Автомобили "Урал" для освоения целины

помощь людям в районах стихийного бедствия в Приамурье, Забайкалье, Челябинской области.

В начале 2000-х гг. автомобильный завод "Урал" вошел в состав машиностроительных активов Олега Дерипаски (с 2005 г. – "Группа ГАЗ"). Благодаря инвестированию в развитие, внедрению уникальной системы бережливого производства, расширению модельного ряда под требования потребителей, развитию товаропроводящей сети автозавод "Урал" сегодня является одним из лидеров российского рынка грузовых автомобилей и одним из крупнейших отечественных экспортеров грузовиков.

Синергия от вхождения завода в "Группу ГАЗ" дала максимальный эффект в новой разработке, запущенной в производство в 2015 г. – автомобиле "Урале NEXT". Создание автомобиля "Урал NEXT" – результат успешного взаимодействия предприятий и конструкторских служб "Группы ГАЗ". Кабина для нового поколения уральских вездеходов разработана в Объединенном инженерном центре компании на базе кабин автомобилей "ГАЗон NEXT", серийное производство кабинного модуля "Урала" ведется на мощностях Горьковского автозавода в одном потоке с кабинами автомобилей ГАЗ, двигатель ЯМЗ-536, которым оснащаются "Уралы", создан на Ярославском моторном заводе "Группы ГАЗ". В автомобиле "Урал NEXT" удалось совместить легендарную проходимость миасского внедорожника с современным уровнем комфорта, надежности и безопасности. В 2016 г. автомобиль "Урал NEXT" получил звание "Грузовик года" по итогам самого престижного конкурса в области производства коммерческого транспорта – "Лучший коммерческий автомобиль года в России".

Для контроля качества выпускаемой продукции на автозаводе "Урал" применяются передовые технологии и инструменты, внедренные на всех предприятиях "Группы ГАЗ". В частности, на "Урале" применяется инструмент CSA (Customer Satisfaction Audit), т.е. аудит глазами потребителя, позволяющий проводить независимую оценку качества автомобиля с позиции клиента. Система менеджмента качества предприятия сертифицирована на соответствие требованиям международных стандартов ИСО 9001:2000 и ИСО 9001:2008, готовится переход на более жесткий стандарт – ИСО/ТУ 16949.

Сервисно-сбытовая сеть автозавода "Урал" в РФ и странах СНГ включает 30 центров продаж техники, 102 сертифицированных сервисных центра, 73 центра продаж запасных частей. В сегменте полноприводных автомобилей Российской Федерации автозавод "Урал" удерживает порядка 35 % рынка. Около 30 % продукции предприятия поставляется в страны Ближнего и Дальнего зарубежья.

Самосвал "Урал NEXT"

Газомоторная производственная программа "Газпрома" полностью выполнена

23 декабря 2016 г. в Казани в режиме видеоконференции состоялся ввод в эксплуатацию шести новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), построенных "Газпромом" на территории Татарстана.

В мероприятии приняли участие председатель Совета директоров ПАО "Газпром" Виктор Зубков, президент Татарстана Рустам Минниханов и заместитель председателя Правления ПАО "Газпром" Виталий Маркелов.

Новые станции "Газпрома" начали работу в городах Азнакаево, Елабуга, Казань, Лениногорск, Набережные Челны и в поселке Алексеевское. Производительность этих АГНКС позволяет совокупно заправлять до 1,2 тыс. автомобилей в сутки. С вводом в эксплуатацию новых объектов компания увеличила количество собственных газозаправочных станций в Татарстане до 19 ед., охватив все крупнейшие населенные пункты республики.

"Российский рынок газомоторного топлива последовательно расширяется. "Газпром" – ключевой инвестор в этой сфере. В этом году мы построили в двадцать одном регионе России тридцать пять новых станций. Еще четыре станции мы реконструировали. Газомоторная производственная программа "Газпрома" на 2016 г. полностью выполнена", – сказал Виктор Зубков.

В этот же день состоялась рабочая встреча Виктора Зубкова и Рустама Минниханова. Стороны обсудили ход реализации Соглашения о сотрудничестве. Особое внимание было уделено вопросам развития регионального рынка газомоторного топлива. Отмечено, что по итогам 2015 г. объем реализации природного газа в качестве моторного топлива в республике вырос на 32 % – с 10,6 до 14 млн м^3, прогноз роста в 2016 г. составляет 63 % – до 23 млн м^3 природного газа.

"Газпром" планирует построить в Татарстане еще 5 АГНКС.

Торжественная церемония ввода в эксплуатацию АГНКС

Наша справка

Производство и реализация природного газа в качестве моторного топлива – одно из приоритетных направлений деятельности ПАО "Газпром". Для системной работы по развитию рынка газомоторного топлива создана специализированная компания – ООО "Газпром газомоторное топливо".

Природный газ является наиболее экономичным, экологичным и безопасным автомобильным топливом. Стоимость 1 м^3 газомоторного топлива в среднем по России составляет 13 руб. Двигатель газомоторного транспортного средства соответствует высочайшим экологическим стандартам – "Евро-5" и "Евро-6".

Объем реализации компримированного природного газа на АГНКС Группы "Газпром" последовательно растет: в 2015 г. он составил 436 млн м^3 – на 7,3 % больше, чем в 2014 г. Ожидается, что по итогам 2016 г. рост составит свыше 17 %, объем реализации превысит 510 млн м^3.

Количество АГНКС Группы "Газпром" на территории России с учетом построенных в 2016 г. увеличилось до 254 ед. (включая АГНКС "Газпром нефти"), суммарная проектная производительность станций выросла на 21,3 % до около 2 млрд м^3 газа в год.

Между ПАО "Газпром" и Республикой Татарстан действуют соглашения о сотрудничестве и о расширении использования газомоторного топлива, а также Договор о газификации. В 2015 г. подписана Дорожная карта проекта по расширению использования высокотехнологичной продукции предприятий республики в интересах "Газпрома". В 2016 г. – Соглашение о научно-техническом сотрудничестве и партнерстве.

На международной выставке "Нефть и газ Туркменистана 2016"

"Группа ГАЗ" показала широкую линейку автомобилей для нефтяной и газовой отраслей в рамках 21-й Международной выставки "Нефть и газ Туркменистана 2016", которая прошла в Ашхабаде с 7 по 9 декабря 2016 г. Среди экспонатов компании – микроавтобус "ГАЗель NEXT", автомобиль скорой помощи класса В на базе "ГАЗели NEXT", внедорожный автомобиль "Вепрь", сервисные мастерские на базе "Соболя 4×4" и среднетоннажного грузовика "ГАЗон NEXT".

Так, новый микроавтобус "ГАЗель NEXT" на базе цельнометаллического фургона отличает современный дизайн, высокий уровень комфорта, хорошая функциональность и лучшая в своем классе цена. Автобус рассчитан на перевозку 17 пассажиров (16 сидячих и одно стоячее место). Высокий (190 см) и просторный салон с панорамным остеклением обеспечивает удобство перемещения пассажиров и комфорт в пути, а сдвижная дверь с электроприводом и высоким дверным проемом в сочетании с заниженной подножкой – удобство входа/выхода. Битопливный двигатель EvoTech 2.7 LPG может работать как на бензине, так и на сжиженном газе.

Автомобиль скорой медицинской помощи класса В на базе "ГАЗели NEXT" создан в соответствии с требованиями медицинских учреждений. Большой объем кузова обеспечивает максимальное удобство персонала при транспортировке пациентов и подготовке к выездам. Стены и потолок салона отделаны формованным легкомоющимся пластиком белого цвета с гладкой поверхностью, не впитывающим запахи и устойчивым к воздействию лекарственных препаратов и моюще-дезинфицирующих средств, пол изготовлен по бесшовной наливной технологии. Специальные перемещаемые панели обеспечивают широкие возможности по креплению медицинского оборудования. Кондиционер и дополнительный отопитель позволяют поддерживать комфортную температуру в салоне в любое время года. Автомобиль оборудован светодиодным осветителем и двумя блоками наружного освещения, дополнительными светильниками инфузионного блока, электрическими розетками на 12 и 220 V, поворотными сиденьями с трехточечными ремнями безопасности, умывальником с электронасосом подачи воды, а также большим количеством шкафов и креплениями для размещения медицинского оборудования.

Внедорожник "Вепрь" построен на укороченной базе вездехода "Садко" и имеет трехдверный цельнометаллический кузов. Автомобиль имеет мощное внедорожное оснащение: полноприводные ведущие мосты с кулачковыми дифференциалами повышенного трения, пятискоростную синхронизированную коробку передач, раздаточную коробку, систему регулирования давления воздуха в шинах, радиальные шины размерности 12.00R18, лебедку с длиной троса 50 м и тяговым усилием 4,5 т. Число посадочных мест – 12. Автомобиль укомплектован дизельным двигателем ЯМЗ-534.

Сервисная мастерская на базе "ГАЗон NEXT City" – пример широких возможностей настройки автомобилей ГАЗ под требования различных видов бизнеса. На автомобиль установлена краново-манипуляторная установка (КМУ) с вылетом стрелы 1150/3800 мм грузоподъемностью до 990 кг. В передней части автомобиля установлен фургон-мастерская, а в задней расположен вместительный грузовой отсек. Еще одна сервисная мастерская создана на базе внедорожника "Соболь 4×4". Автомобиль укомплектован модульной системой ремонтного оборудования Sortimo, нескользящим покрытием пола и дополнительным освещением салона. Накрышный багажник позволяет перевозить дополнительное оборудование. Жестко подключаемый передний мост, понижающая передача, блокировка дифференциала заднего моста, высокий клиренс и большие ходы подвески позволяют сервисной бригаде на "Соболе 4×4" проводить ремонтные работы в самой труднодоступной местности.

www.gaz.ru

Volkswagen открыл завод в Польше для производства Crafter

Новый завод Volkswagen был построен в польском городе Вжешня в рекордно короткие сроки – всего за 23 месяца. Его постройка обошлась в круглую сумму – 800 млн евро. Предприятие предназначено для выпуска легкого развозного фургона Crafter последнего поколения. На заводе будет работать 3000 человек в три смены, ежегодно будет производиться до 100 тыс. автомобилей.

Новый Crafter дебютировал на европейском рынке в начале сентября 2016 г. Автомобиль будет выпускаться в 69 вариантах. Объем грузового отсека фургона достигает 18,4 м^3, а внутренняя высота – 2196 мм, габаритная длина модели – до 7391 мм, полная масса – 5,5 т. Модель получила совершенно новый турбонаддувный дизель и три типа привода: передний, задний или полный.

Предприятие занимает территорию 220 га, что эквивалентно трем сотням футбольных полей. При его постройке было вывезено миллион кубометров земли, для чего самосвалы выполнили свыше 50 тыс. ходок. В то же время было завезено 30 тыс. т стальных конструкций.

Понадобилось 50 тыс. м^3 бетона, который пошел на 4 тыс. свай, зарытых в землю на глубину до 16 м. Для прокладки коммуникаций потребовалось свыше 15 тыс. м труб. Всего в строительстве с ноября 2014 г. было задействовано свыше 3500 рабочих.

На церемонии открытия нового предприятия Volkswagen в польском городе Вжешня (в 50 км от Познани) присутствовали свыше 1000 гостей. В своей торжественной речи д-р Экхард Шольц, председатель правления Volkswagen Commercial Vehicles, в частности отметил: "Мы гордимся внедрением этого проекта точно по графику и прежде всего людьми. Они все нам помогали в достижении этой сложной цели. Это – будущее нашего бренда. Всего несколько недель назад Crafter по итогам голосования жюри престижного конкурса получил звание "Международный Фургон 2017 г.". Это показывает, что мы находимся на правильном пути с нашим новым автомобилем и нашим новым заводом".

Производственные мощности предприятия до 100 тыс. VW Crafter ежегодно

Заместитель министра развития Польши Тадеуш Косцинский отметил, что выбор места именно в Польше свидетельствует о большом доверии. "Инвестиция одного из лидеров автостроительной отрасли – это доверие к Польше. Автомобильный сектор становится одной из главных опор польской экономики. Завод "Фольксваген" в Вжешни – это также 3 тыс. дополнительных мест работы", – подчеркнул Косцинский.

Напомним, что недавно министр развития Польши Матеуш Моравецький сообщил, что японская корпорация Toyota планирует инвестировать в Польшу более 150 млн евро. Ранее также премьер-министр Беата Шидло и министр Моравцецький сообщили, что в Яворе (неподалеку от Вроцлава) построят завод Mercedes-Benz, где будут производить современные двигатели.