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

Том 17. № 5. 2018 г. Издается с января 2002 г. Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

Ерохов В.И.
Физико-химические и моторные свойства газового топлива. Лекция № 2. Часть 3. Физико-химические и моторные свойства сжиженного природного газа 195
Приведены классификация и марки сжиженного природного газа (СПГ). Определены ресурсы и технология добычи СПГ. Изложена общая технология использования СПГ в качестве моторного топлива. Приведены физико-химические и моторные характеристики СПГ. Обобщены технико-эксплуатационные требования к газовому топливу. Приведены стандарты и ТУ на производство СПГ. Изложены особенности измерения расхода и нормирования СПГ.

Олейников А.В., Борисенко А.Н.
Подбор параметров регулировки газобаллонного оборудования четвёртого поколения в целях оптимизации его работы 204
Получена модель подбора параметров регулировки инжекторного газобаллонного оборудования автомобилей на основе регрессионного анализа и теории планирования экспериментов при работе с различной нагрузкой и частотой вращения, разработаны рекомендации по использованию полученных результатов при первой настройке и регулировке газобаллонного оборудования.

Третьяков В.Ф., Беденко С.П., Илолов А.М., Курашов И.А., Талышинский Р.М.
Превращения диметилового эфира на медьсодержащих катализаторах 209
Рассмотрено превращение ДМЭ на медьсодержащих цеолитных (структуры MFI и Морденит) и кремнийоксидных (Cu/SiO_2) катализаторах. Установлен состав продуктов превращения ДМЭ на указанных медьсодержащих катализаторах, показана высокая селективность в отношении образования C_4 углеводородов в ходе превращения диметилового эфира.

Марков В.А., Нагорнов С.А., Романцова С.В., Синютина С.Е., Корнев А.Ю.
Присадки к нефтяным дизельным топливам 212
Целью исследования является поиск соединений, синтезируемых из возобновляемого растительного сырья, способных улучшать смазывающие свойства дизельного топлива. Противоизносные присадки получали методами тонкого органического синтеза. Строение синтезированных веществ подтверждали методом инфракрасной спектроскопии. Синтезированы метиловые эфиры высших алифатических кислот, моноэтаноламиды высших алифатических кислот, диэфиры высших алифатических кислот и триэтаноламина. Определены смазывающие свойства присадок. Показано, что синтезированные соединения улучшают смазывающие свойства гидроочищенного дизельного топлива и могут быть использованы в качестве противоизносных присадок. Наиболее выраженным эффектом улучшения смазывающей способности обладают продукты взаимодействия рыжикового масла с триэтаноламином, имеющие больший дипольный момент и более отрицательный заряд на атомах азота.

Грушников В.А.
Современные электромобильные и беспилотные технологии 218
Рассматривается успешность современных реализаций главных тенденций автомобилестроения, связанных с электромобилизацией и беспилотным управлением колесными транспортными средствами.

Лебедев М.С., Быков Д.О.
Исследование свойств конденсата-растворителя, получаемого при производстве СПГ на ГРС 226
При производстве СПГ на ГРС получено несколько образцов конденсата, отделенного от потока газа с давлением 3–3,5 МПа и температурой 220–230 К и доведенного до условий окружающей среды. Образцы были отобраны в разные сезоны года, определены их компонентные составы, а также диапазоны изменения концентраций компонентов при изменении времени года. Также проведено несколько экспериментов по определению растворяющих свойств вещества, результаты которых позволяют сделать вывод о целесообразности использования исследуемого конденсата в качестве растворителя турбинного масла и промывки теплообменных аппаратов.

ИНФОРМАЦИЯ

Савченко А.С.
Международный салон Urban Transport-2017 231
Суворов А.С.
Старт производства Skoda Kodiaq в России 233
Савченко А.С.
Коммерческий транспорт: итоги и прогнозы 234
Васильченко О.А.
90 лет первому грузовику Volvo 236

Новости 237–240

Учредитель
ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

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

Зам. главного редактора
А.С. Савченко

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

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

Редактор
И.Л. Сильченкова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва,
Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru
Подписано в печать 26.04.2018 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

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

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

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

© ООО “Издательство “Инновационное машиностроение”, “АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо”, 2018

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

Vol. 17. № 5. 2018 г. Published from January, 2002 Periodicity – monthly

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

CONTENTS

SCIENCE

Erokhov V.I.
Physico-chemical, and motor properties of the gas fuel. Lecture № 2. Part 3. Physico-chemical, and motor properties of liquefied natural gas 195
Classification and grades of liquefied natural gas (LNG) are given. Identifies the resources and technology of production of LNG. The General technology of LNG use as a motor fuel is presented. The physico-chemical and motor characteristics of LNG. The technical and operational requirements for gas fuel are summarized. Given the standards and specifications for LNG production. Features of measurement of the expense and regulation of LNG are stated.

Oleinikov A.V., Borisenko A.N.
Selection of para meters of regulation of gas-ballon equipment of the fourth generation for the optimization of its work 204
A model is obtained for selecting parameters for adjusting injector gas-cylinder equipment of cars on the basis of regression analysis and the theory of experiment planning for work with different loads and rotational speeds; recommendations were developed on the use of the results obtained during the first tuning and adjustment of gas-cylinder equipment.

Tretyakov V.F., Bedenko S.P., Ilolov A.M., Kurashov I.A., Talyshinsky R.M.
Transformations of the dimethyl ether on copper-containing catalysts 209
The conversion of DME to copper-containing zeolite (MFI and Mordenite structures) and silicon oxide (Cu / SiO_2) catalysts is considered. The composition of DME conversion products on these copper-containing catalysts was established, and a high selectivity for the formation of C_4 hydrocarbons during the conversion of dimethyl ether was shown.

Markov V.A., Nagornov S.A., Romantsova S.V., Sinyutina S.E., Kornev A.Yu.
Additives to petroleum diesel fuels 212
The aim of this study is to find compounds synthesized from renewable plant raw materials that can improve the lubricating properties of diesel fuel. Anti-wear additives were obtained by methods of fine organic synthesis. The structure of the synthesized substances was confirmed by infrared spec-troscopy. Methyl esters of higher aliphatic acids, monoethanolamides of higher aliphatic acids, diesters of higher aliphatic acids and triethanolamine are synthesized. The lubricating properties of additives have been determined. It is shown that synthesized compounds improve the lubricating properties of hydrotreated diesel fuel and can be used as anti-wear additives. The most pronounced effect of improving the lubricating ability is shown by the products of interaction of camelina oil with triethanolamine, characterized by a larger dipole moment and a more negative charge on nitrogen atoms.

Grushnikov V.A.
Modern electromobile and break-free technologies 218
The success of modern realizations of the main trends in the automotive industry related to electromobilization and unmanned steering of wheeled vehicles.

Lebedev M.S., Bykov D.O.
Investigation of condensate-solvent properties obtained in lng production lng at GDS . 226
There were obtained several samples of condensate separated from the gas stream with a pressure of 3 to 3.5 MPa and a temperature of 220 to 230 K and brought to ambient conditions while the LNG production at GDS. The samples were selected in different seasons, their component compositions were determined, as well as the ranges of the component concentrations when the season changed. Several experiments have also been conducted to determine the dissolving properties of the substance, the results of which allow to conclude that it is expedient to use the investigated condensate as a solvent for turbine oil and wash heat exchangers.

INFORMATION

Savchenko A.S.
International salon Urban Transport 2017 231

Suvorov A.S.
The start of production of Skoda Kodiaq in Russia 233

Savchenko A.S.
Commercial transport: results and forecasts 234

Vasylchenko O.A.
90 years to first truck Volvo 236

News 237–240

Founder
LLC "Publishers "Innovative mashinostroenie"

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

Deputy editor
A.S. Savchenko

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

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

Editor
I.L. Silchenkova

Computer Design
S.A. Zhirkina

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

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

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

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

© LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers, "Autogas filling complex + alternative fuel", 2018

УДК 621.436.7.013

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МОТОРНЫЕ СВОЙСТВА ГАЗОВОГО ТОПЛИВА. ЛЕКЦИЯ № 2. ЧАСТЬ 3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МОТОРНЫЕ СВОЙСТВА СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

В.И. Ерохов, д-р техн. наук, Московский политехнический университет, г. Москва

Приведены классификация и марки сжиженного природного газа (СПГ). Определены ресурсы и технология добычи СПГ. Изложена общая технология использования СПГ в качестве моторного топлива. Приведены физико-химические и моторные характеристики СПГ. Обобщены технико-эксплуатационные требования к газовому топливу. Приведены стандарты и ТУ на производство СПГ. Изложены особенности измерения расхода и нормирования СПГ.

Ключевые слова: *сжиженный природный горючий газ; термодинамические показатели; технические условия и стандарты; физико-химические и моторные характеристики; расход и нормирование газа; эффективность применения СПГ.*

PHYSICO-CHEMICAL, AND MOTOR PROPERTIES OF THE GAS FUEL. LECTURE № 2. PART 3. PHYSICO-CHEMICAL, AND MOTOR PROPERTIES OF LIQUEFIED NATURAL GAS

Erokhov V.I., Ph.D. of tech. sciences, Moscow Polytechnic University, Moscow

Classification and grades of liquefied natural gas (LNG) are given. Identifies the resources and technology of production of LNG. The General technology of LNG use as a motor fuel is presented. The physico-chemical and motor characteristics of LNG. The technical and operational requirements for gas fuel are summarized. Given the standards and specifications for LNG production. Features of measurement of the expense and regulation of LNG are stated.

Keywords: *liquefied natural combustible gas; thermodynamic parameters; technical conditions and standards; physico-chemical and motor characteristics; gas consumption and regulation; efficiency of LNG application.*

Во многих странах разработаны и реализуются национальные программы применения альтернативных видов топлива (АВТ). Ведущее место занимает компримированный природный газ (КПГ) и сжиженный природный (СПГ), основу которых составляет метан. СПГ представляет собой криогенную жидкость, являющуюся смесью углеводородов ряда C_1–C_{10} и азота с преобладающей долей метана (85–99 %). Его получают из ПГ методом глубокого охлаждения до криогенных температур в диапазоне –161,2 – –82,4 °С. [1].

СПГ используют в качестве моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания, а также топлива для энергетических установок промышленного и коммунально-бытового назначения. Производство и потребление СПГ с 1970 г. представляет собой динамично развивающейся мировой рынок углеводородов.

Термодинамические характеристики СПГ. Кривая кипения (конденсации) метана приведена на рис. 1.

СПГ представляет собой криогенную жидкость без цвета и запаха, имеющую при атмосферном давлении температуру от 111 К (–161,2 °С), при попадании на незащищенные участки тела человека СПГ быстро испаряется и вызывает значительное обморожение кожи.

В области температур и давлений, лежащих правее и ниже

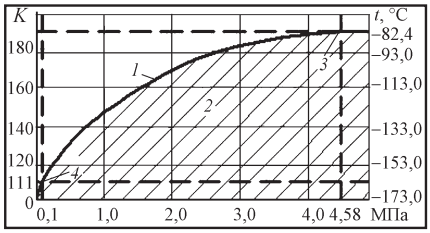


Рис. 1. *Кривая кипения (конденсации) метана:*
1 – газообразное состояние; 2 – жидкая фаза; 3 – критическая точка СПГ; 4 – точка кипения СПГ

кривой *1*, метан находится в жидком состоянии. Границы в этой области определяют диапазон возможных условий получения и хранения жидкого метана в баллоне. При температуре 111 К величина избыточного давления КПГ составляет 0,1 МПа. При достижении критической температуры, равной 191 К, величина давления КПГ в дальнейшем остается неизменной.

Охлажденный до температуры 111 К жидкий метан уменьшается в объеме в 600 раз, что является одним из его основных преимуществ криогенной технологии производства СПГ.

Температура кипения СПГ при атмосферном давлении составляет –161,2 °С. Критические параметры СПГ соответствуют температуре –82,4 °С и давлению 4,58 МПа.

Современные технологии малотоннажного производства СПГ основаны на глубоком понижении температуры ПГ в процессе его дросселирования и не требуют потребления значительной электроэнергии.

Установки малотоннажного производства СПГ могут быть интегрированы в технологическую цепь современных АГНКС, что исключает значительные потери газа.

По основным характеристикам СПГ представляет собой топливо с гарантированными энергетическими параметрами.

При давлении, близком к атмосферному, из одного объема СПГ образуется около шестисот объемов ПГ. В жидком компактном виде СПГ заправляют в криогенный бак, установленный на НТС.

Эффективность регазификации СПГ в значительной степени зависит от параметров испарителя газификатора СПГ. Методология расчета и выбора геометрических параметров испарителя-газификатора СПГ включает ряд взаимосвязанных этапов.

Общая тепловая нагрузка испарителя может быть представлена зависимостью:

$$Q_{исп} = G_{спг}\Delta h, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где $Q_{исп}$ – тепловая нагрузка, Вт; $G_{спг}$ – максимальный расход газового двигателя СПГ, кг/с; Δh – разность энтальпий, характеризующая преобразование энергии в теплоту, кДж/кг.

Расход подогревающей жидкости (антифриза) испарителя может быть представлена зависимостью:

$$G_{ож} = Q_{ож} / (\delta_{ож} c_p), \text{ кг/с}, \quad (2)$$

$Q_{ож}$ – тепловая нагрузка испарителя, Вт; $\delta_{ож}$ – расход жидкости по охлаждающей жидкости (антифризу), кг/с ; c_p – теплоемкость, Дж/(кг·К).

Изменение термодинамических параметров СПГ в зависимости от температуры показано на рис. 2.

Плотность СПГ зависит от давления и компонентного его состава и может находиться в диапазоне 370–430 кг/м^3, среднее значение плотности для расчетов можно принимать 390 кг/м^3.

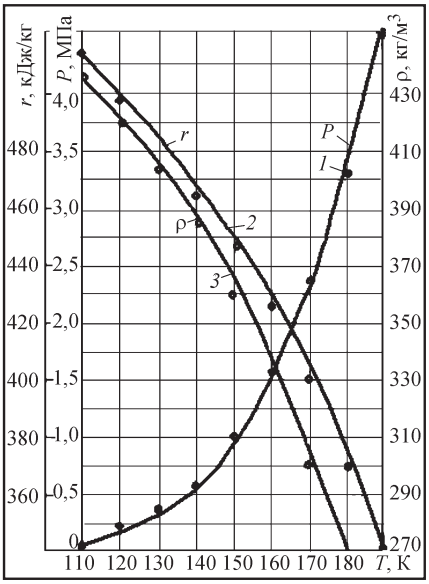


Рис. 2. *Завсимость параметров СПГ от температуры окружающей среды:* *1* – давление; *2* – теплота парообразования; *3* – плотность газа [2–4]

Количество холода при газификации СПГ зависит от теплоты испарения и нагрева газа:

$$Q_{\Sigma} = Q_{исп} + Q_{наг}, \quad (3)$$

где Q_{Σ} – суммарная холодопроизводительность; $Q_{исп}$ – теплота испарения; $Q_{наг}$ – теплота нагрева СПГ.

Теплоту испарения СПГ при расчетах принимают равной $Q_{исп}$ = 514 кДж/кг.

Теплота нагрева СПГ может быть представлена:

$$Q_{наг} = mc_p(T_{исп} - T_{кв}), \quad (4)$$

где m – масса газифицированного СПГ; c_p – теплоемкость СПГ (2,26 кДж/(К·кг)); $T_{исп}$ – теплота испарения 113 К; $T_{кв}$ – температура охлаждающей воздуха ОС.

По мере повышения температуры происходит уменьшение удельного веса компонентов из-за теплового расширения (увеличение объема).

Использование СПГ сопровождается необходимостью его перевода из сжиженного в газообразное состояние (регазификация) для дальнейшей подачи в энергетическую установку. По мере поступления СПГ в испаритель теплота в газификаторе превращает его в паровую фазу и нагревает СПГ до заданных параметров.

Для получения гарантированных эксплуатационных качеств НТС в систему топливоподачи вводят температурную коррекцию. Величина давления насыщенных паров метана существенно изменяется вр всем диапазоне температур 111–190,55 К.

Давление насыщенных паров газа при критической температуре, равной 190,55 К, называют критическим параметром ($p_{кр}$). При температуре выше критической жидкая фаза может находиться только в газообразном состоянии независимо от величины внешнего давления.

Метан при критической температуре при любом давлении будет находиться только в газообразном состоянии. При охлаждении до температуры ниже –199,5 К метан можно перевести при давлении 4,6 МПа в жидкое состояние. По мере снижения температуры газа по сравнению с критической ПГ переходит в сжиженное состояние при меньшем давлении. При охлаждении газа до температуры 111 К метан переходит в жидкое состояние уже при атмосферном давлении (незаштрихованная область).

Природный газ представляет газообразная смесь, кроме метана, содержит тяжелые углеводо-

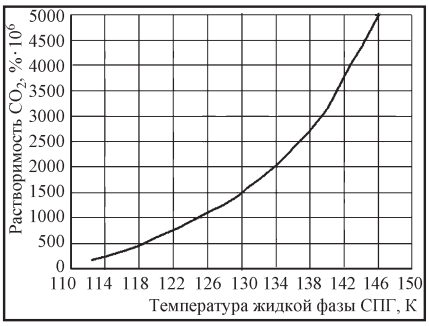


Рис. 3. *Растворимость диоксида углерода в жидком метане*

роды, азот, диоксид углерода, водяные пары, серосодержащие соединения и инертные газы. Растворимость диоксида углерода в жидком метане приведена на рис. 3 [5].

В технологическом блоке газ проходит тонкую очистку от примеси влаги и углекислоты.

Технические условия и стандарты СПГ. Физико-химические и моторные свойства СПГ приведены в табл. 1.

При переводе СПГ в газообразное состояние (газификации) его свойства соответствуют свойствам природного газа по ГОСТ 5542–87 [7].

Пожаро- и взрывоопасная концентрация газифицированного СПГ в воздухе при 0 °С и 0,1013 МПа составляет от 5 до 15 % (по метану).

Минимальная температура воспламенения смеси воздуха с газифицированным СПГ в зависимости от его состава составляет 450–600 °С. По основным характеристикам СПГ представляет собой моторное топливо с гарантированными энергетическими параметрами.

Теплотворная способность КПГ составляет 48,39 МДж/кг, а плотность ПГ при нормальных условиях равна 0,676 кг/м^3.

Технологический процесс производства СПГ предусматривает удаление из ПГ газа нежелательных примесей, а затем ПГ сжижение и охлаждение до криогенных температур.

В соответствии ГОСТ Р 56021–2014 [5] разработаны три марки СПГ: А, Б и В.

Марка А представляет собой СПГ горючий газ высокой чистоты, обладающий постоянной теплотой сгорания, используемый в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок с узкими пределами регулирования.

Марка Б представляет собой СПГ горючий газ, используемый в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Марка В представляет собой СПГ горючий газ, используемый в качестве топлива для энергетических установок. При поставках СПГ с массовой концентрацией общей серы не более 0,010 г/м^3 к обозначению марки СПГ добавляют индекс "0". СПГ изготовляется в соответствии с требованиями по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке. Регазифицированный СПГ марки Б должен удовлетворять требованиям [8]. Регазифицированный СПГ марки В должен удовлетворять требованиям [7] за исключением требования к интенсивности запаха.

Физико-химические и моторные свойства СПГ. СПГ представляет собой природный газ после переработки в целях хранения и доставки потребителю.

Регазифицикация СПГ представляет собой процесс преобразования СПГ из жидкого состояния в газообразное.

Основные физико-химические показатели СПГ приведены в табл. 2.

Число Воббе, представляющее собой значение высшей объемной теплоты сгорания при определенных стандартных условиях, деленное на квадратный корень относительной плотности при тех же стандартных условиях из-

Таблица 1

Физико-химические и моторные свойства СПГ

№ п/п	Физико-химические и моторные свойства	Единица измерения
1	Содержание метана	98,0; %, объемных
2	Температура кипения	–161,7 °С; 101,3 кПа
3	Плотность СПГ	420 кг/м^3; 101,3 кПа
4	Низшая теплота сгорания	35,2МДж·кг; 0 °С, 101,3 кПа
5	Минимальная температура воспламенения газовоздушной смеси	557 °С (830 К)
6	Сжиженный объем СПГ уменьшается	600 раз
7	Средние показатели ОЧ	105–107 ед.
8	Пределы воспламенения при регазификации	4–16, % (объемных)
9	Максимальное допустимое содержание примесей	% (объемных), CO – 0,01, H_2S – 0,0005, H_2O – 0,0001

Таблица 2

Показатели качества

Наименование показателя	Значение для марки			Метод анализа или измерения
	А	Б	В	
Компонентный состав, молярная доля, %	Определение обязательно			ГОСТ 31371.1–ГОСТ 31471.7
Молярная доля метана, %, не менее	99,0	80,0	75,0	ГОСТ 31371.1–ГОСТ 31471.7
Молярная доля азота, %, не более	Не нормируется	5,0	5,0	ГОСТ 31371.1–ГОСТ 31471.7
Молярная доля диоксида углерода, %, не более	0,005	0,015	0,030	
Молярная доля кислорода, %, не более	0,020			
Низшая теплота сгорания при стандартных условиях, МДж/м^3	Не нормируется	31,8–36,8	Не менее 31,8	ГОСТ 31369
Область значений числа Воббе (высшего) при стандартных условиях, МДж/м^3	47,2–49,2	Не нормируется	41,2–54,5	ГОСТ 31369
Массовая концентрация сероводорода, г/м^3, не более	0,020			По 8.4
Массовая концентрация меркаптановой серы, г/м^3, не более	0,036	По 8.4	–	По 8.4
Расчетное октановое число (по моторному методу), не менее	Не нормируется	105	Не нормируется	ГОСТ

мерений, для марки Б не нормируют.

Относительная плотность представляет плотность газа, деленная на плотность сухого воздуха при одинаковых заданных значениях давления и температуры.

Регазифицированный СПГ поставляют для коммунально-бытового назначения с интенсивностью запаха не менее трех баллов при объемной доле 1 % в воздухе.

Требования безопасности и охраны окружающей среды. Сжиженный природный газ нетоксичен и неагрессивен. По степени воздействия на организм человека пары СПГ относят к веществам 4-го класса опасности. Накопление паров СПГ вызывает кислородную недостаточность и удушье. Содержание кислорода в воздухе рабочей зоны должно быть не менее 19 % об. Пары СПГ образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Категория взрывоопасности и группа взрывоопасных смесей для смеси паров СПГ с воздухом – IIA и T1. Концентрационные пределы воспламенения (по метану) в смеси с воздухом в объемных процентах: нижний – 4,4, верхний – 17,0, температура самовоспламенения (по метану) – 537 °С.

Технология сжижения природного газа является взрывопожароопасным производством категории А и требует соблюдения общих правил техники безопасности и пожарной безопасности для взрыво- и пожароопасных производств, действующих в газовой промышленности, а также специфических норм и правил, связанных с особенностями производства, хранения и транспортировки СПГ.

Физико-химические и моторные свойства компонентов СПГ приведены в табл. 3.

Одорирование ПГ (придание запаха) проводят непосредственно на месте его добычи. В зависимости от месторождения ПГ на 88–98 % по объему состоит из простейшего углеводорода – метана.

Для компримирования в АГНКС используют ПГ, транспортируемый по магистральным газопроводам. Для предупреждения гидратообразования при эксплуатации автомобиля КПГ должен иметь влажность меньшую, чем фактическая влажность газа, транспортируемого по газопроводам и подаваемого в газопровод. Анализ предельного влаго-

Таблица 3

Физико-химические и моторные свойства компонентов СПГ

Параметр	Компонент			
	Метан	Этан	Пропан	*н*-Бутан
Химическая формула	CH_4	CH_6	CH_8	CH_{10}
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	49,90	47,42	46,80	47,33
Низшая теплота сгорания жидкой фазы, ГДж/кг	21,9	22,6	24,8	28,1
Температура самовоспламенения, °С	537	515	470	405
Минимальная энергия зажигания, мДж	0,28	0,24	0,25	0,25
Нормальная скорость распространения пламени, м/с	0,338	0,476	0,390	0,450
Стехиометрическая концентрация, % об.	9,48	5,70	4,03	3,13
Концентрационные пределы распространения пламени, % об.	5,28–14,1	2,9–15,0	2,3–9,4	1,8–9,1
Минимальное взрывоопасное содержание кислорода, % об.:				
разбавитель	11,0	13,8	14,9	14,9
разбавитель	11,0	11,3	12,0	12,0
Минимальная флегматизирующая концентрация, % об. (пар)	24 37 29	– 34 46	– 32 45	– 29 41
Минимальный безопасный экспериментальный зазор, мм	2,1	0,91	2,8	–
Максимальная скорость нарастания давления при взрыве, МПа/с	18	17,2	24,8	–
Температура пламени, °С	2045	–	2110	–
Доля тепловой энергии излучения	0,2–0,5	–	0,2–0,5	–
Концентрационные пределы детонации в смеси с воздухом, % об.	6,3–14,0	2,9–12,2	2,6–7,4	2,0–6,2
Минимальная критическая масса взрывчатого вещества (ВВ) для инициирования детонации тринитротолуола (ТНТ), кг	Не менее 22	0,04	0,155	–
Критический размер облака для перехода от дефлаграции к детонации в свободном пространстве, м	5000	–	3500	–

содержания показывает, что для давления на выходе АГНКС (20 МПа) отсутствие гидрообразования обеспечивается в точке росы при температуре не выше 243 К, что соответствует содержанию влаги в газе не выше 0,009 г/м^3.

Пожаро- и взрывоопасная концентрация газифицированного СПГ в воздухе при 0 °С и 0,1013 МПа составляет от 5 до 15 % (по метану).

Минимальная температура воспламенения смеси воздуха с газифицированным СПГ в зависимости от его состава составляет 450–600 °С. По основным характеристикам СПГ представляет собой топливо с гарантированными энергетическими параметрами.

Природный газ используют в качестве моторного топлива в сжатом (компримированном) газообразном и жидком состояниях. При нормальных условиях ПГ не может быть получен в жидком состоянии. Для сжижения необходимо глубокое его охлаждение, сопровождающееся энергетическими затратами. СПГ имеет высокую объемную концентрацию энергии. Для сжижения ПГ необходимо глубокое его охлаждение, сопровождающееся энергетическими затратами.

Используемые схемы получения СПГ основаны на понижении температуры ПГ в процессе его дросселирования и не требуют потребления значительной электроэнергии.

Принципиальная схема модифицированного испарителя СПГ, разработанного ПАО КАМАЗ [9], представляет собой теплообменный аппарат (рис. 4), содержащий корпус *6* с характерными функциональными полостями I, II и III, входной трубопровод *1* подачи газа с ребрами *4* и входной трубопровод *17* ОЖ.

Трубопровод *1* подачи СПГ содержит входной *3*, испарительный *5* и выходной *7* участок. Трубопровод *17* подачи подогреваю-

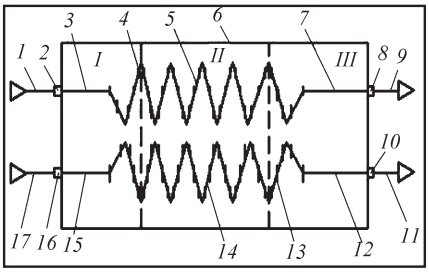


Рис. 4. *Принципиальная схема теплообменника СПГ:*
1 – трубопровод подачи СПГ; *2* – входной штуцер; *3* – входной участок газового трубопровода; *4* – ребра; *5* – испарительный участок; *6* – корпус; *7* – выходной участок газового трубопровода; *8* – выходной штуцер; *9* – выходной трубопровод ПГ; *10* – выходной штуцер ОЖ; *11* – выходной трубопровод ОЖ; *12* – выходной участок ОЖ; *13* – ребра; *14* – испарительный участок ОЖ; *15* – входной участок ОЖ; *16* – входной штуцер ОЖ; *17* – входной трубопровод ОЖ

щей ОЖ содержит входной *15*, испарительный *14* и выходной *12* участок. В испарителе СПГ подогревается теплотой системы охлаждения двигателя в межтрубном пространстве.

Испаритель содержит витые медные оребренные трубопроводы для подачи СПГ и охлаждающей жидкости двигателя.

СПГ нагревается до температуры кипения (полость I), кипит (полость II), далее пары нагреваются до заданной температуры, выходящего из испарителя природного газа (полость III).

Направление потока охлаждающего компонента должно совпадать с направлением потока СПГ, испаритель может быть установлен горизонтально или вертикально.

Поверхность испарителя, необходимая для испарения 1 кг СПГ, может быть определена из уравнения теплового баланса:

$$Q_0 G_т = kF^\circ \Delta t, \qquad (5)$$

где Q_0 – теплота, необходимая для полного испарения 1 кг СПГ и нагрева его паров до заданной температуры; $G_т$ – массовый расход СПГ двигателем, кг/ч; k – коэффициент теплопередачи, Вт (м^2, °С); F – поверхность испарения, м^2; Δt – средний температурный напор, т.е. разность температур по обе разделительные стенки испарителя.

Малотоннажные установки СПГ интегрированы в технологическую цепь АГНКС, что исключает значительные потери газа. Полученный СПГ предварительно подают в хранилище, а затем направляют в транспортную заправочную сеть. Подняв предварительно входное давление в установке сжижения ПГ до 20 МПа, можно сократить геометрические параметры технологических ее блоков, металлоемкость и в конечном итоге снизить затраты на производство КПГ. В качестве теплоносителя используют ОГ или жидкость ОЖ.

Внешний вид испарителя автомобиля КамАЗ-65117-38 приведен на рис. 5.

Направление потока охлаждающего компонента должно совпадать с направлением потока СПГ. Испаритель располагают вертикально или горизонтально.

Эффективность НТС на стадии жизненного цикла предопределяется рациональным выбором энергоносителя. Современные технологии получения СПГ основаны на понижении температуры ПГ в процессе его дросселирования и не требуют потребления значительной электроэнергии. Установки СПГ могут быть интегрированы в технологическую цепь современных АГНКС, что исключает значительные потери газа.

СПГ представляет собой криогенную жидкость, находящуюся при сверхнизких температурах. Испарители-газификаторы снабжены теплоносителем из системы охлаждения жидкости или выпуска отработавших газов.

Криогенное топливо с очень низкой температурой –161,2 °С можно испарять теплотой воздушной окружающей среды. Подобный испаритель-газификатор СПГ наземного транспортного средства приведен на рис. 6.

Испаритель СПГ представляет спиралью алюминиевую трубку *6* со штуцерами, к которым подключены переходники и газо-

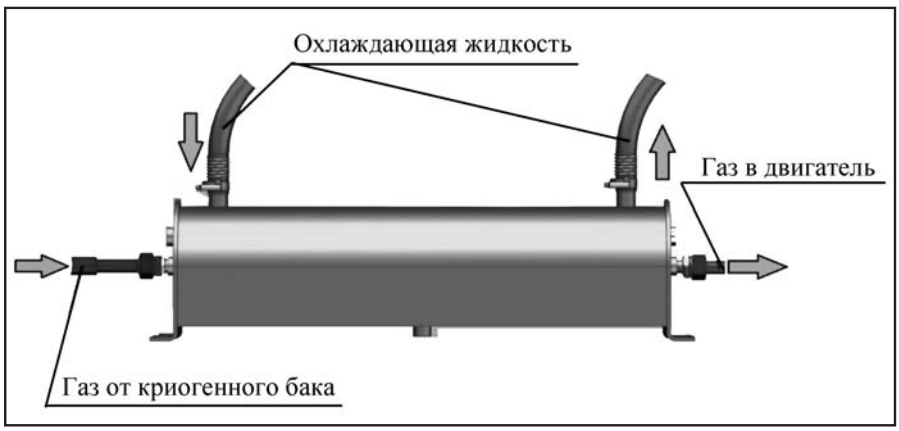


Рис. 5. *Внешний вид испарителя автомобиля КамАЗ-65117-38*

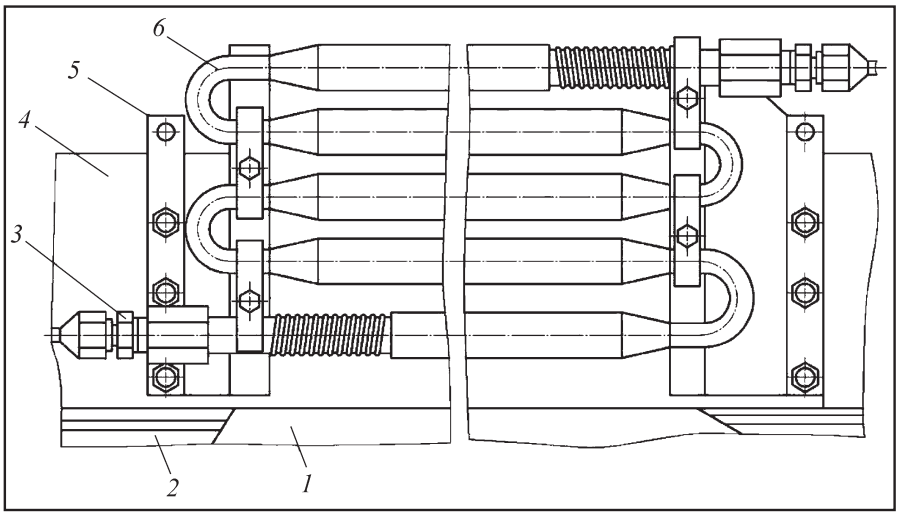


Рис. 6. *Испаритель СПГ наземного транспортного средства: 1 – бензиновый бак; 2 – лонжерон; 3 – штуцер; 4 – брус; 5 – кронштейн; 6 – алюминиевая трубка*

проводы. Испаритель закреплен на брусе *4* грузовой платформы кронштейнами *5* на лонжероне и бензиновым баком *2* (двухтопливные системы). Испарение осуществляется за счет теплоты воздушной среды.

Используемые схемы получения СПГ основаны на понижении температуры ПГ в процессе его дросселирования, и не требуют потребления значительной электроэнергии. При этом установки СПГ интегрированы в технологическую цепь АГНКС, что исключает значительные потери газа. Полученный СПГ предварительно подают в хранилище, а затем направляют в транспортную заправочную сеть.

Стоимость СПГ ниже цены СУГ, мазута и дизельного топлива. Капитальные вложения и эксплуатационные затраты по криогенным заправкам ниже по сравнению с традиционными АГНКС.

Расход подогревающей жидкости в испарителе приведен на рис. 7.

Основными странами экспорта СПГ являются Алжир, Ливия, Индонезия, Малайзия, Австралия, ОАЭ, Бруней и США. В настоящее время мировой рынок СПГ уже сформирован. Значительное количество СПГ транспортируют морем. Современный мировой флот насчитывает свыше 90 метановозов.

Принципиальная расчетная схема газового баллона для хранения СПГ с испарителем приведена на рис. 8.

В состав автомобильного газового криогенного оборудования входит баллон, состоящий из внутреннего и наружного сосудов. Объем, заключенный между

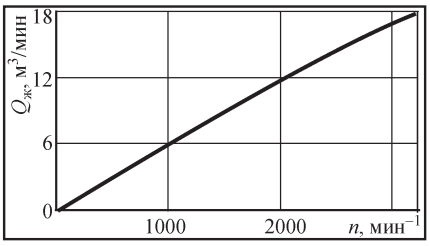


Рис. 7. *Расход подогревающей жидкости в жидкостном испарителе СПГ*

сосудами, вакуумируют. В зависимости от типа теплоизолирующих материалов (экранно-вакуумная, порошково-вакуумная или пенная изоляция) автомобильные баллоны различают с низким ($1{,}33 \cdot 10^{-2}$) и высоким ($1{,}33 \cdot 10^{-3}$) вакуумированием. Естественная испаряемость газа из баллона из-за постоянного притока теплоты извне не должна превышать 4 % в сутки.

Комплект оборудования СПГ состоит из системы внутреннего или внешнего наддува баллона, испарителя жидкого метана в газовой системе, получающего теплоту от ОГ или от окружающей среды; подогревателя-стабилизатора температуры испарившегося газа, газового редуктора, смесителя (для чисто газовой системы питания) или карбюратора-смесителя для универсальной системы; блока автоматического поддержания давления в баллоне и выдачи газа в виде газообразной (паровой) или жидкой фазы.

Преобладающим при переносе тепла через вакуумно-порошковую изоляцию является тепловое излучение. Повышение эффективности изоляции может быть достигнуто экранированием теплового излучения в вакуумированных порошках.

Для охлаждения СПГ до температуры ОС он проходит два круга нагрева.

Первый круг нагрева СПГ предусматривает отбор жидкой фазы заборной трубкой *26* со дна криогенного бака, прохождение его самотеком в испаритель *36*, в котором газ взаимодействует с охлаждающей жидкостью, расширяется и поступает обратно по трубопроводу *10* в криогенный бак, создавая давление внутри баллона.

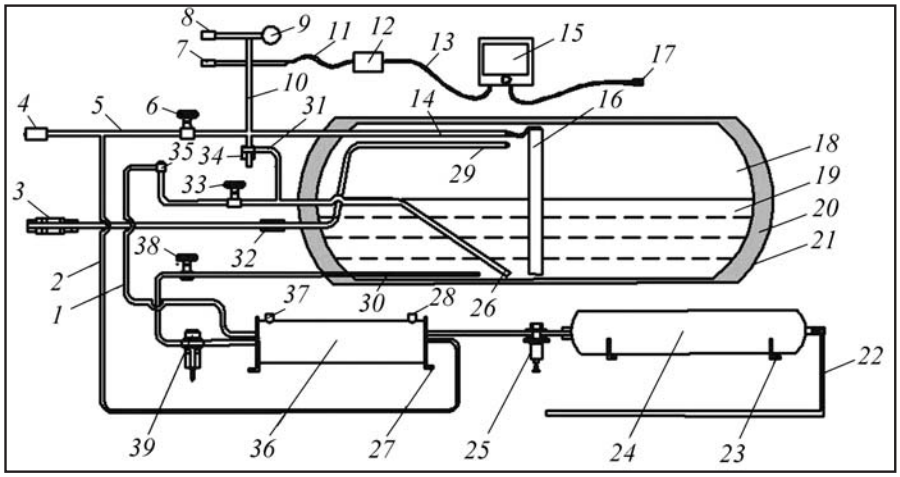


Рис. 8. *Принципиальная схема газового баллона для хранения СПГ: 1 – трубопровод подачи жидкой фазы СПГ; 2 – трубопровод подачи паровой фазы; 3 – заправочное устройство СПГ; 4 – штуцер паровой фазы; 5, 10, 14, 22, 29, 30, 31 – трубопровод; 6 – вентиль газосброса; 7 – второй предохранительный клапан; 8 – первый предохранительный клапан; 9 – манометр; 11, 13 – электрическая цепь; 12 – электрический разъем; 15 – преобразователь указателя уровня жидкости; 16 – разделительная перегородка; 17 – электрический разъем; 18 – паровая фаза; 19 – жидкая фаза; 20 – вакуумное пространство; 21 – наружная стенка; 23 – кронштейн крепления баллона; 24 – ресивер; 25 – клапан поддержания давления; 26 – заборная трубка; 27 – кронштейн крепления; 28 – выходной штуцер ОЖ; 32, 35 – обводной клапан; 33 – ручной рабочий вентиль; 34, 39 – регулятор давления; 36 – испаритель; 37 – входной штуцер подачи ОЖ; 38 – регулирующий ручной вентиль*

Второй круг: уже из газовой подушки газ повторно по трубопроводу *14* самотеком идет в теплообменник *36*, в котором подогревается до температуры ОС и поступает в ресивер *24* – место демпферного накопления сжатого природного газа. Из ресивера газ так же самотеком и под давлением поступает в редуктор, который понижает давление до 0,8 МПа, необходимых для впрыска в цилиндры.

В Российской Федерации современными разработками криогенных бортовых топливных систем на СПГ занимается ОАО "НПО "Гелиймаш" (ранее разработками занимались ООО "НПФ "ЭКИП", ОАО "Криогенмаш").

Компания Kaiser Brencar (США) изготавливает газовую аппаратуру и криогенное оборудование для перевода на жидкий природный метан. Аналогичные работы ведутся фирмами Landi Hartog (Нидерланды), MAN (Германия), Saviem (Франция), Toyo Menka (Япония).

Строительство криогенного заправочного комплекса для использования СПГ в качестве моторного топлива осуществляется в Москве и других городах РФ. В России разрабатывают экономичные технологии получения СПГ непосредственно на АГНКС. Подобные работы проводят ООО "Лентрансгаз" и ООО "Уралтрансгаз".

Схема заправки автомобиля КАМАЗ-65115 на АГНКС в Первоуральске приведена на рис. 9.

Процесс заправки автомобиля КАМАЗ-6520 на АГНКС в Первоуральске показан на рис. 10.

Измерение СПГ. Расход топлива измерялся с помощью расходомера модели F-116AI-ABD-44-V фирмы Bronkhost (Германия).

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

$$Q_ж = (\rho_г Q_г) / \rho_ж, \qquad (6)$$

где $Q_ж$ – расход топлива в жидком состоянии, л/100 км; $Q_г$ – расход топлива в газообразном состоянии, $м^3$/100 км; $\rho_г$ – плот-

Рис. 9. *Схема заправки автомобиля КАМАЗ-65115 на АГНКС г. Первоуральска*

Рис. 10. Процесс заправки автомобиля КАМАЗ-6520 на АГНКС г. Первоуральска

ность метана при стандартных условиях по ГОСТ 30319.1–96 (0,66), кг/м^3; $\rho_ж$ – плотность метана в жидком состоянии по ТУ 51-03-03-85 (0,43 кг/л), $Q_ж$ = = 1,54$Q_г$.

По данным ПАО "КАМАЗ", удельные расходы топлива автомобилей КАМАЗ-6520-38, КАМАЗ-65118-37 и КАМАЗ-65117-32 на перевозку 1 т на расстояние 100 км составил соответственно 4,88 л/100км (1,85 кг/100 км), 5,83 л/100 км (2,21 кг/100 км), 4,98 л/100 км (1,88 кг/100 км) [10, 11]. Приведенные результаты являются объективными показателями для нормирования расхода СПГ.

Отечественные малотоннажные установки СПГ преимущественно интегрированы в технологическую цепь АГНКС, что исключает значительные потери газа. Полученный СПГ предварительно подают в хранилище, а затем направляют в транспортную заправочную сеть. Подняв предварительно входное давление в установке сжижения ПГ до 20 МПа, можно сократить геометрические параметры технологических ее блоков, металлоемкость и в конечном итоге снизить затраты на производство КПГ.

Криогенную технологию следует рассматривать как промежуточный этап в создании водородных двигателей, запасы топлива для которых в природе существуют в неограниченном количестве.

Установки по производству СПГ должны включать основные технологические блоки и сооружения: пункт замера и редуцирования газа; компрессорный цех; блок очистки природного газа от CO_2; блок осушки природного газа; блок сжижения природного газа; блок ректификации; блок регазификации СПГ (при выдаче газа в систему газоснабжения) с насосной станцией; устройства для налива и отгрузки СПГ потребителям.

В соответствии с разработанными критериями наиболее эффективным АВТ является СПГ. Запасы энергии на производство топлива, пробег на одной заправке и стоимость единицы пробега позволяют СПГ занимать ведущее место среди АВТ. Наиболее эффективными является сжиженный природный газ.

Стоимость СПГ заметно ниже цены традиционных энергоносителей НТС. Капитальные вложения и эксплуатационные затраты по КриоАЗС ниже по сравнению с традиционными АГНКС.

При масштабном производстве СПГ удельные капиталовложения на производство ниже на 25–30 %, себестоимость производства – на 40 %, а суммарные приведенные затраты на производство–доставку–распределение для СПГ – на 10–30 %, чем на аналогичные системы для КПГ.

Эффективность НТС на стадии жизненного цикла предопределяется рациональным выбором энергоносителя.

Капитальные вложения и эксплуатационные затраты по криогенным заправкам ниже по сравнению с традиционными АГНКС.

Наиболее перспективным является применение сжиженного природного газа (СПГ).

Применение СПГ в качестве моторного топлива существенно повышает социально-экономическую и экологическую эффективность автомобильного транспорта [12].

Для динамичного развития рынка газомоторного топлива необходимо расширить сеть новых типов КриоАГНКС.

Недостаточно развитая сеть стационарных автомобильных криогенных станций является одним из важных факторов, сдерживаюших развитие рынка газомоторного топлива.

Разработанный регламент обеспечения безопасности технологических процессов обеспечивает достаточную экологическую и технологическую безопас-

ность применения СПГ в качестве моторного топлива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. **Загорудченко В.А.** Теплотехнические свойства газообразного жидкого метана. М.: Изд-во стандартов, 1969.

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

4. **Ерохов В.И.** Физико-химические и моторные свойства газового топлива. Журнал "АГЗК+АТ", № 5 (11). 2003. С. 64–69.

5. **ГОСТ Р 56021–2014.** Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия.

6. **Газ** горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия. ТУ 51.03.03-85.

7 . **ГОСТ 5542–2014.** Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.

8. **ГОСТ 27577–2000.** Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия.

9. **ГОСТ 5542–2014.** Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.

10. **Интернет-**страница ПАО "КАМАЗ" http://kamaz.ru/ru/vehicle/restyling/dumper/

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

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

13. **Ерохов В.И.** Токсичность современных автомобилей. Методы и средства снижения вредных выбросов в атмосферу. Учебник. Издательство "ФОРУМ", 2016. 458 с.

УДК 629.114.6

ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВКИ ГАЗОБАЛЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЧЕТВЁРТОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ ЕГО РАБОТЫ

А.В. Олейников, канд. техн. наук; **А.Н. Борисенко,** канд. техн. наук, Хакасский технический институт – филиал Сибирского федерального университета, г. Абакан

Получена модель подбора параметров регулировки инжекторного газобаллонного оборудования автомобилей на основе регрессионного анализа и теории планирования экспериментов при работе с различной нагрузкой и частотой вращения, разработаны рекомендации по использованию полученных результатов при первой настройке и регулировке газобаллонного оборудования

Ключевые слова: *газобаллонное оборудование; регулировка; параметр; экспериментальные исследования; рекомендации.*

SELECTION OF PARAMETERS OF REGULATION OF GAS-BALLON EQUIPMENT OF THE FOURTH GENERATION FOR THE OPTIMIZATION OF ITS WORK

Oleinikov A.V., Ph.D. of technical sciences; **Borisenko A.N.,** Ph.D. of technical sciences, Khakas Technical Institute – branch of the Siberian Federal University, Abakan City

A model is obtained for selecting parameters for adjusting injector gas-cylinder equipment of cars on the basis of regression analysis and the theory of experiment planning for work with different loads and rotational speeds; recommendations were developed on the use of the results obtained during the first tuning and adjustment of gas-cylinder equipment.

Keywords: *gas-cylinder equipment; regulation; parameter; experimental research; recommendations.*

Регулировочные работы газобаллонного оборудования (ГБО), работающего на сжиженных углеводородных газах, проводятся при первой настройке и в процессе его эксплуатации. При первой настройке основной задачей является подбор оптимального сочетания диаметра жиклеров газовых форсунок и давления в редукторе – испарителя в зависимости от режима работы автомобильного двигателя (нагрузки и частоты вращения). В процессе эксплуатации основными причинами заездов на регулировку являются:

– повышенный линейный расход газообразного топлива;

– недостаточная мощность автомобильного двигателя при эксплуатации его на газообразном топливе.

Линейный расход газообразного топлива переоборудованного автомобиля считается повышенным, если он превышает расход бензина в аналогичных условиях более чем на 3–5 %.

Недостаточная мощность определяется владельцами автомобилей, как правило, опытным путем при сравнении динамики разгона на бензине и на газообразном топливе. При этом учитывается, что при работе автомобиля на газообразном топливе его мощность снижается из-за неполного использования преимуществ топлива (в среднем на 2–5 %).

Таблица 1

Рекомендации производителей

Диаметр форсунки, мм (при давлении 1 бар)	Мощность, развиваемая в цилиндре двигателя, кВт
1,8–2,0	12–17
2,1–2,3	18–24
2,4–2,6	25–32
2,7–2,9	33–40
3,0	41–48

Существующие рекомендации производителей дают примерные соотношения между диаметром газовых форсунок и мощностью двигателя, развиваемой в одном цилиндре, не учитывая изменения в редукторе-испарителе (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что, во-первых, производитель в рекомендациях не учитывает влияние частоты вращения и нагрузки, а во-вторых указанные диапазоны слишком велики для точного подбора настроек. Кроме этого, отсутствуют рекомендации по подбору размеров форсунок при давлении, отличающемся от 1 бар. В результате настройка газобаллонного оборудования на практике превращается в интуитивный подбор нужных параметров для конкретного автомобиля.

Поэтому целью данного исследования является получение многофакторной модели, учитывающей влияние указанных факторов на расход газового топлива.

В автомобильных инжекторных газобаллонных системах четвертого поколения параметрами (факторами) регулировки, непосредственно влияющим на расход топлива (Q) и мощность двигателя, являются:

1. Диаметр жиклеров газовых форсунок ($d_ж$), мм.

2. Давление в редукторе ($P_{ред}$), бар.

3. Частота вращения коленчатого вала двигателя (n), об/мин.

4. Разряжение во впускном коллекторе (нагрузка) (G), Па.

Диапазоны изменений факторов весьма значительны, что приводит к появлению большого количества вариантов различных сочетаний параметров. Таким образом, перед лицом, проводящим обслуживание газобаллонной аппаратуры, возникает сложная задача подбора оптимального варианта сочетания параметров. Решение этой задачи традиционным перебором вариантов (опытным путем) практически невозможно (из-за их значительного количества). Таким образом, необходима математическая модель, адекватно описывающая происходящие процессы и позволяющая с минимальной трудоемкостью получить оптимальный вариант регулировки ГБО.

Для решения поставленной задачи использована теория планирования многофакторных экспериментов. Блок-схема эксперимента представлена на рис. 1.

Объектом исследования выбран автомобиль марки Toyota Caldina с двигателем 1ZZ-FE с установленным ГБО марки DIGITRONIC-DGI. В ходе проведения эксперимента температура охлаждающей жидкости принималась равной рабочей температуре охлаждающей жидкости. При проведении каждого этапа эксперимента проводилась автонастройка оборудования с обязательным контролем долгосрочной топливной коррекции (LTFT).

Эксперимент проводился в режиме дорожных испытаний, при которых значения выбранных параметров частоты вращения и нагрузки контролировались с использованием интерфейса программы DIGITRONIC EASY FAST. Эксперименты планировались при помощи стандартной матрицы планирования

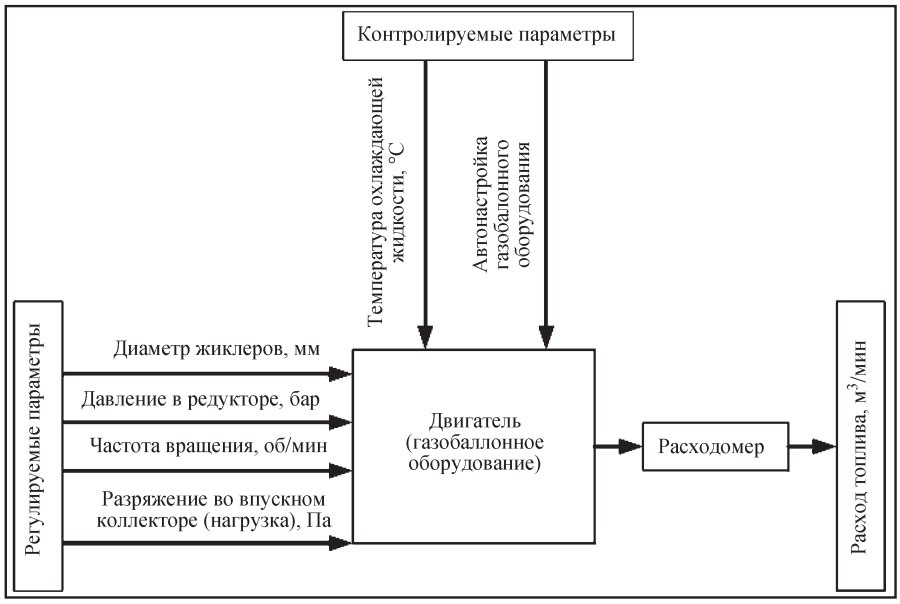


Рис. 1. *Блок-схема эксперимента*

четырехфакторных экспериментов, длительность каждого эксперимента составляла одну минуту.

На первом этапе моделирования проведен выбор математической модели (выбрана четырехфакторная модель):

$$Q = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_4 X_4 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 + b_{44} X_4^2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{14} X_1 X_4 + b_{23} X_2 X_3 + b_{24} X_2 X_4 + b_{34} X_3 X_4,$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{44}, b_{12}, b_{13}, b_{14}, b_{23}, b_{24}, b_{34}$ – коэффициенты регрессии; X_i – факторы.

На втором этапе эксперимента составлена матрица кодирования переменных факторов и определены уровни их варьирования (табл. 2).

Минимальное и максимальное значения диапазона варьирования первого фактора выбрано исходя из необходимости получения значения коэффициента пересчета линии газовой и бензиновой карт в пределах 1,2–1,6, а также с учетом рекомендаций завода-изготовителя. Диапазон изменения давления в редукторе выбран по характеристикам установленного ГБО. Диапазон изменения частоты вращения коленчатого вала выбран от частот холостого хода (800 об/мин) до близких к максимальной частоте вращения коленчатого вала. Диапазон изменения разряжения во впускном трубопроводе выбран по результатам замеров на различных режимах работы автомобильных двигателей.

На третьем этапе составлена матрица планирования экспериментов с указанием реальных значений факторов и полученных данных по расходу топлива в каждом опыте эксперимента.

На четвертом этапе осуществлена обработка экспериментальных данных (регрессионный анализ). В результате получена модель, описывающая зависимость расхода топлива от переменных факторов:

$$Q = 0{,}025 + 0{,}000125\left(\frac{X_1 - 2{,}1}{0{,}1}\right) - 0{,}00221\left(\frac{X_2 - 1{,}05}{0{,}13}\right) + 0{,}0117\left(\frac{X_3 - 2900}{1050}\right) + 0{,}00454\left(\frac{X_4 - 60}{15}\right) - 0{,}00057\left(\frac{X_1 - 2{,}1}{0{,}1}\right)^2 + 0{,}000177\left(\frac{X_2 - 1{,}05}{0{,}13}\right)^2 + 0{,}00343\left(\frac{X_3 - 2900}{1050}\right)^2 + 0{,}000052\left(\frac{X_4 - 60}{15}\right)^2 + 0{,}000938\left(\frac{X_1 - 2{,}1}{0{,}1}\right)\left(\frac{X_2 - 1{,}05}{0{,}13}\right) + 0{,}000812\left(\frac{X_1 - 2{,}1}{0{,}1}\right)\left(\frac{X_3 - 2900}{1050}\right) + 0{,}000437\left(\frac{X_1 - 2{,}1}{0{,}1}\right)\left(\frac{X_4 - 60}{15}\right) - 0{,}00194\left(\frac{X_2 - 1{,}05}{0{,}13}\right)\left(\frac{X_3 - 2900}{1050}\right) + 0{,}000437\left(\frac{X_2 - 1{,}05}{0{,}13}\right)\left(\frac{X_4 - 60}{15}\right) + 0{,}00306\left(\frac{X_3 - 2900}{1050}\right)\left(\frac{X_4 - 60}{15}\right).$$

Таблица 2

Матрица кодирования факторов и уровни варьирования

Наименование показателя	Диапазон изменения		Обозначение	Уровни варьирования				
	от	до		–2	–1	0	1	2
Диаметр жиклера (форсунок), мм	1,8	2,3	X_1	1,8	1,9	2,1	2,2	2,3
Давление в редукторе, бар	0,8	1,3	X_2	0,8	0,93	1,05	1,18	1,3
Частота вращения, об/мин	800	5000	X_3	800	1850	2900	3950	5000
Разряжение в коллекторе (нагрузка), Па	30	90	X_4	30	45	60	75	90

Используя полученное уравнение регрессии, смоделируем несколько режимов работы двигателя, результаты которого представлены в табл. 3–6.

В итоге при работе на низких частотах вращения (до 2000 об/мин) при любой нагрузке для получения минимального расхода топлива видно, что минимальным расходам топлива соответствуют малое давление в редукторе (0,8–1,0 бар) и самые большие диаметры форсунок.

При работе на средних и высоких частотах вращения (более

Таблица 3

Результаты моделирования расхода газообразного топлива, м^3/мин (частота вращения 1000 об/мин)

Разряжение в коллекторе (нагрузка), Па	Диаметры форсунок, мм						Разряжение в коллекторе (нагрузка), Па	Диаметры форсунок, мм					
	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3		1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
Давление в редукторе, бар 1,0							**Давление в редукторе, бар 1,2**						
30	0,0200	0,0194	0,0180	0,0160	0,0132	0,0096	30	0,0179	0,0185	0,0184	0,0175	0,0159	0,0135
60	0,0157	0,0158	0,0151	0,0138	0,0117	0,0088	60	0,0150	0,0163	0,0168	0,0167	0,0158	0,0141
90	0,0118	0,0126	0,0126	0,0120	0,0106	0,0084	90	0,0125	0,0145	0,0158	0,0163	0,0161	0,0151
Давление в редукторе, бар 1,1							**Давление в редукторе, бар 1,3**						
30	0,0188	0,0188	0,0181	0,0166	0,0144	0,0115	30	0,0172	0,0184	0,0188	0,0186	0,0176	0,0158
60	0,0152	0,0159	0,0159	0,0151	0,0136	0,0114	60	0,0150	0,0169	0,0180	0,0185	0,0181	0,0171
90	0,0120	0,0134	0,0141	0,0140	0,0132	0,0117	90	0,0132	0,0158	0,0176	0,0188	0,0192	0,0188

Таблица 4

Результаты моделирования расхода газообразного топлива, м^3/мин (частота вращения 2000 об/мин)

Разряжение в коллекторе	Диаметры форсунок, мм (нагрузка), Па					
	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
Давление в редукторе, бар 1,0						
30	0,0158	0,0158	0,0151	0,0136	0,0114	0,0085
60	0,0173	0,0180	0,0180	0,0173	0,0158	0,0135
90	0,0193	0,0207	0,0214	0,0213	0,0205	0,0190
Давление в редукторе, бар 1,1						
30	0,0132	0,0138	0,0137	0,0128	0,0112	0,0089
60	0,0154	0,0167	0,0173	0,0171	0,0162	0,0146
90	0,0180	0,0200	0,0213	0,0219	0,0217	0,0207
Давление в редукторе, бар 1,2						
30	0,0108	0,0120	0,0124	0,0122	0,0112	0,0095
60	0,0137	0,0156	0,0168	0,0172	0,0169	0,0159
90	0,0170	0,0196	0,0215	0,0227	0,0231	0,0227
Давление в редукторе, бар 1,3						
30	0,0086	0,0104	0,0115	0,0118	0,0114	0,0103
60	0,0122	0,0147	0,0165	0,0175	0,0178	0,0174
90	0,0162	0,0194	0,0219	0,0237	0,0247	0,0250

2500 об/мин) при любой нагрузке видно, что минимальным расходам топлива соответствуют высокое давление в редукторе (1,2–1,3 бар) и минимальные диаметры форсунок (1,8–1,9 мм).

Необходимо отметить, что максимальная частота вращения работы двигателя на газообразном топливе ограничивается максимальной температурой сгорания, соответствующей температуре сгорания в режиме максимальной мощности при эксплуатации на бензине. По имеющимся у нас опытным данным эта частота лежит в пределах 4000–4300 об/мин.

Таким образом, при эксплуатации автомобиля в городских условиях (небольшие скорости, частые остановки, длительная работа на холостом ходу) необходимо настраивать давление в редукторе в пределах 0,8–1,0 бар, а диаметр форсунок должен иметь максимальное значение, подобранное исходя из условия нахождения коэффициента пересчета в пределах 1,2–1,3. При эксплуатации автомобиля в пригородных и междугородних условиях (средние и максимальных частоты вращения, средние и большие нагрузки на двигатель) давление в редукторе должно находиться в пределах 1,2–1,3 бар, а диаметр форсунок иметь минимальный размер, подобранный из условия нахождения коэффициента пересчета в пределах 1,5–1,6.

Как видно из полученных рекомендаций, отсутствует прямая привязка размера диаметра фор-

Таблица 5

Результаты моделирования расхода газообразного топлива, м^3/мин (частота вращения 3000 об/мин)

Разряжение в коллекторе (нагрузка), Па	Диаметры форсунок, мм						Разряжение в коллекторе (нагрузка), Па	Диаметры форсунок, мм					
	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3		1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
Давление в редукторе, бар 1,0							**Давление в редукторе, бар 1,2**						
30	0,0178	0,0185	0,0184	0,0175	0,0159	0,0136	30	0,0098	0,0117	0,0127	0,0131	0,0127	0,0116
60	0,0252	0,0265	0,0271	0,0270	0,0261	0,0245	60	0,0186	0,0211	0,0229	0,0240	0,0243	0,0239
90	0,0330	0,0350	0,0363	0,0368	0,0367	0,0358	90	0,0278	0,0310	0,0335	0,0352	0,0363	0,0366
Давление в редукторе, бар 1,1							**Давление в редукторе, бар 1,3**						
30	0,0137	0,0149	0,0154	0,0152	0,0142	0,0125	30	0,0062	0,0086	0,0103	0,0112	0,0115	0,0110
60	0,0218	0,0237	0,0249	0,0254	0,0251	0,0241	60	0,0156	0,0188	0,0211	0,0228	0,0237	0,0239
90	0,0302	0,0329	0,0348	0,0359	0,0364	0,0361	90	0,0255	0,0293	0,0324	0,0348	0,0364	0,0373

Таблица 6

Результаты моделирования расхода газообразного топлива, м^3/мин (частота вращения 4000 об/мин)

Разряжение в коллекторе (нагрузка), Па	Диаметры форсунок, мм					
	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3
Давление в редукторе, бар 1,0						
30	0,0261	0,0273	0,0278	0,0276	0,0267	0,0250
60	0,0393	0,0412	0,0424	0,0429	0,0426	0,0417
90	0,0529	0,0555	0,0574	0,0586	0,0591	0,0588
Давление в редукторе, бар 1,1						
30	0,020	0,022	0,023	0,024	0,023	0,022
60	0,034	0,037	0,039	0,040	0,040	0,040
90	0,049	0,052	0,054	0,056	0,057	0,058
Давление в редукторе, бар 1,2						
30	0,0151	0,0176	0,0193	0,0203	0,0205	0,0200
60	0,0297	0,0328	0,0353	0,0369	0,0379	0,0381
90	0,0447	0,0486	0,0517	0,0541	0,0557	0,0566
Давление в редукторе, бар 1,3						
30	0,0100	0,0130	0,0153	0,0169	0,0178	0,0179
60	0,0253	0,0290	0,0320	0,0343	0,0359	0,0367
90	0,0410	0,0454	0,0491	0,0521	0,0544	0,0559

сунки и мощности, развиваемой в одном цилиндре. Рекомендации были апробированы на практике при эксплуатации автомобилей с двигателями различных рабочих объемов (от 1,0 до 6,0 дм^3) и мощностей (от 35 до 220 кВт) и доказали свою эффективность.

В итоге получена математическая модель, устанавливающая взаимосвязь между линейным расходом топлива и параметрами регулировки газобаллонного оборудования. Модель позволяет с достаточной точностью определять значения параметров регулировки ГБО для достижения минимальных расходов топлива на различных режимах эксплуатации при сохранении требуемой мощности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бржозовский Б.М., Мартынов В.В., Схиртладзе А.Г.** Управление системами и процессами: учебник; допущено УМО АМ. Старый Оскол: ТНТ, 2014. 296 с.
2. **Малкин В.С.** Техническая эксплуатация автомобилей: теоретические и практические аспекты: учебное пособие для студентов высших учебных заведений; допущено УМО по образованию в области транспортных машин. М.: Академия, 2007. 288 с.
3. **Налимов В.В., Чернова Н.А.** Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Высшая школа, 1967. 341 с.
4. **Олейников А.В., Васильев В.А.** Методы принятия решений: методические указания к практическим работам. Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. Абакан: РИО ХТИ – филиал СФУ, 2008. 36 с.
5. **Шемелин В.К., Хазанова О.В.** Управление системами и процессами: учебник. Старый Оскол: ТНТ, 2015. 320 с.

УДК: 544.478, 549.67, 661.726

ПРЕВРАЩЕНИЯ ДИМЕТИЛОВОГО ЭФИРА НА МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

В.Ф. Третьяков, д-р хим. наук; **С.П. Беденко,** МИТХТ им М.В. Ломоносова;
А.М. Илолов, И.А. Курашов, Р.М. Талышинский, д-р хим. наук, Институт нефтехимического синтеза РАН им. А.В. Топчиева, г. Москва

Рассмотрено превращение ДМЭ на медьсодержащих цеолитных (структуры MFI и Морденит) и кремнийоксидных (Cu/SiO_2) катализаторах. Установлен состав продуктов превращения ДМЭ на указанных медьсодержащих катализаторах, показана высокая селективность в отношении образования C_4 углеводородов в ходе превращения диметилового эфира.

Ключевые слова: *диметиловый эфир; бутан; дивинил; олефины; этилен; пропилен; Морденит; MFI; медьсодержащие катализаторы.*

TRANSFORMATIONS OF THE DIMETHYL ETHER ON COPPER-CONTAINING CATALYSTS

Tretyakov V.F., Dr. of chem. sciences; **Bedenko S.P.,** Moscow Institute of Fine Chemical Technologies im. M.V. Lomonosov; **Ilolov A.M., Kurashov I.A., Talyshinsky R.M.,** Dr. of chem. sciences, Institute of Petrochemical Synthesis RAS. A.V. Topchiev, Moscow

The conversion of DME to copper-containing zeolite (MFI and Mordenite structures) and silicon oxide (Cu / SiO_2) catalysts is considered. The composition of DME conversion products on these copper-containing catalysts was established, and a high selectivity for the formation of C_4 hydrocarbons during the conversion of dimethyl ether was shown.

Keywords: *dimethyl ether; butane; divinyl; olefins; ethylene; propylene; Mordenite; MFI; copper-containing catalysts.*

Введение

Диметиловый эфир – перспективный альтернативный источник сырья для ряда нефтехимических процессов [1]. В последние десятилетия ДМЭ приковывает к себе огромный интерес исследователей. Возможно применение эфира в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания [2]. Кроме того, в настоящее время на основе превращения диметилового эфира разрабатываются процессы получения олефинов [3, 4] и жидких моторных углеводородных топлив [5]. Однако использование ДМЭ в качестве исходного сырья на этом не ограничивается и на его основе возможно получение других разнообразных продуктов нефтехимического синтеза [1].

Большой интерес представляет процесс превращения ДМЭ в C_4 углеводороды, на основе которых возможен синтез 1,3-бутадиена, который является востребованным нефтехимическим продуктом для производства синтетических каучуков [6] и высокооктановых компонентов моторных топлив [7].

Данная работа была посвящена изучению закономерностей превращения ДМЭ в дивинил на оксидных и цеолитных медьсодержащих катализаторах.

Экспериментальная часть

Определение активности катализатора. Превращения диметилового эфира изучалось в безградиентном проточном кварцевом реакторе. Схема лабораторной установки приведена на рис. 1. Загрузка катализатора составляла 10 см^3. В качестве исходного реагента использовали диметиловый эфир с чистотой 99,8 % (производство ОАО НАК "Азот", г. Новомосковск), который предварительно смешивали с азотом нулевым с чистотой 99,996 % (производство АО "Московский газоперерабатывающий завод", п. "Развилка") в соотношении ДМЭ:N_2, равном 1:10. Эксперименты проводились в температурном диапазоне 200–350 °С при давлении 0,1 МПа. Скорость подачи газовой смеси (GHSV) составляла 1000 л/ч. Перед проведением экспериментов катализаторы подвергались активации в токе водорода при 350 °С в течение 2 ч с последующей продувкой азотом перед проведением эксперимента.

Приготовление катализатора. Образцы катализаторов были приготовлены методом пропитки по влагоемкости. Содержание активного компонента в медьсодержащих катализаторах составляло 3 % масс. В качестве предшественника меди был использован нитрат меди трехводный (производство Carl Roth, ФРГ), в качестве носителей – силикагель КСМГ, цеолитный порошок ИК-17-1 (производство ОАО "Новосибирский завод химконцентратов", г. Новосибирск) с модулем 19, структура – MFI (аналог ZSM-5), цеолит CBV 21 (производство Zeolyst International,

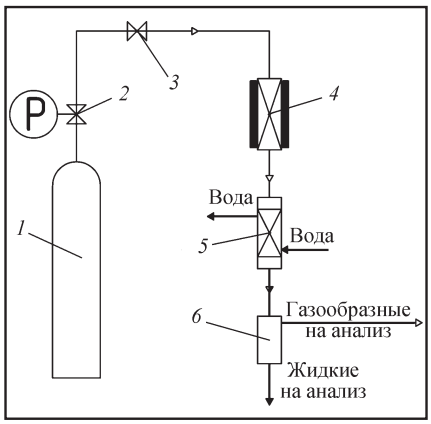


Рис. 1. *Схема лабораторной установки:*
1 – баллон с исходной смесью (ДМЭ + N_2); *2* – редуктор; *3* – вентиль тонкой регулировки; *4* – кварцевый реактор в печи с электрообогревом; *5* – холодильник; *6* – сепаратор

США) с модулем 20, структура – Морденит.

Цеолит ИК-17-1 предварительно был переведен в аммонийную форму с помощью двукратного ионного обмена в растворе 1М NH_4Cl при 80 °С. Аммонийные формы цеолитов (NH_4-ИК-17-1 и CBV 21A) были прокалены в атмосфере воздуха при 500 °С 2 ч для перевода в водородную форму. Оксидные образцы перед приготовлением катализатора были подвергнуты прокаливанию при 500 °С в течение 2 ч. После охлаждения носители были пропитаны по влагоемкости раствором нитрата меди в дистиллированной воде, затем оставлены при комнатной температуре в течение 12 ч, затем образцы были осушены в атмосфере воздуха в муфельной печи при 120 °С в течение 4 ч, затем прокалены при 400 °С в течение 2 ч. Сухие образцы катализаторов были спрессованы в таблетки и затем измельчены до фракции 0,5–1 мм.

Анализ продуктов. Газообразные продукты превращения ДМЭ исследовали методом газовой хроматографии: хроматограф "Кристалл 2000М", колонка длиной 3 м, диаметр 3 мм, фаза – Porapak Q. Температурное программирование колонки первая изотерма – температура 80 °С (5 мин), нагревание до второй изотермы (скорость нагрева 16,0 °С/мин); вторая изотерма – 120 °С (10 мин.), нагревание до третьей изотермы (скорость нагрева 4,0 °С/мин); третья изотерма – 180 °С (10 мин), нагревание до четвертой изотермы (скорость нагрева 6,0 °С/мин); четвертая изотерма – 200 °С (до окончания анализа). Время анализа – 60 мин. Анализ жидкой фазы проводится с помощью хроматомасс-спектрометрии.

Обсуждение результатов

Катализатор Cu/SiO_2. Ниже температуры 270 °С в исследуемых условиях каталитическая активность образца отсутствовала. При данной температуре степень превращения сырья составила 2,2 %. Среди газообразных продуктов реакции были обнаружены основной продукт – метан, а также водород, CO, ацетальдегид, углеводороды C_4 и C_5 (алканы и олефины). С ростом температуры активность образца возрастала (конверсия до 11,2 % при 350 °С), а селективность образования продуктов смещалась в сторону метана. Из полученных результатов следует, что основной реакцией, протекающей в присутствии данного катализатора, является термическое разложение ДМЭ до CO, H_2 и метана (схема 1). Состав продуктов реакции приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав продуктов превращения ДМЭ в присутствии катализатора Cu/SiO_2

T, °С	*X*, %	Состав органических продуктов газообразных продуктов, % мольн							
		Метан	Этилен	Этан	Пропилен	Пропан	AA^*	C_4^{**}	C_5^{***}
270	2,2	77,257	Нет	Нет	Нет	Нет	2,064	11,272	9,406
300	3,0	86,362	0,587	1,760	2,766	0,251	Следы	5,700	2,573
325	3,8	90,554	2,586	0,026	0,686	1,266	Следы	1,451	3,430
350	11,2	96,279	0,481	0,810	0,214	0,819	Нет	0,943	0,454

AA^* – ацетальдегид; C_4^{**} – сумма углеводородов C_4; C_5^{***} – сумма углеводородов C_5.

$$\text{O}\!\!\nearrow \longrightarrow CH_4 + H_2 + CO \qquad (1)$$

Катализатор Cu/H-ИК-17-1. Каталитическая активность данного образца начинает проявляться при температуре 230 °С. При этой температуре среди продуктов реакции обнаружены углеводороды до C_5, а также водород и CO (табл. 2). Увеличение температуры реакции приводит к заметному увеличению степени превращения сырья и увеличению молекулярной массы продуктов. В температурной области от 230 до 270 °С преобладающим продуктом является этилен, а при дальнейшем росте температуры основным продуктом становится пропилен. Также с ростом температуры увеличивается доля угле-

Таблица 2

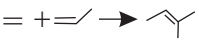
Состав продуктов превращения ДМЭ в присутствии катализатора Cu/ИК-17-1

T, °С	*X*, %	Состав органических продуктов, % мольн						
		Метан	Этилен	Этан	Пропилен	Пропан	C_4^*	C_5^{**}
230	1,2	7,829	33,156	17,595	3,228	4,762	12,672	10,759
270	36,0	5,174	36,172	0,389	23,254	7,199	15,944	11,868
310	57,3	2,899	22,662	0,333	31,557	5,940	20,851	15,758
350	99,0	1,857	2,332	1,433	41,675	1,742	35,383	15,577

C_4^* – сумма углеводородов C_4; C_5^{**} – сумма углеводородов C_5.

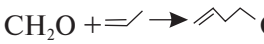
водородов C_4. Отметим также, что во всем температурном диапазоне содержится большое количество углеводородов C_5. На основании полученных результатов можно предположить протекание реакции димеризации этилена (схема 2) и конденсации этилена с пропиленом (схема 3), которые приводят к образованию C_4 и C_5 углеводородов соответственно,

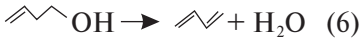
(2)


(3)

Среди C_4 продуктов в ходе данного эксперимента был обнаружен 1,3-бутадиен (до 1,6 % мольных). Очевидно, что к его образованию может приводить реакция дегидрирования бутенов (схема 4), однако протекание данной реакции при данных температурах маловероятно. Также существует возможность, что образование 1,3-бутадиена происходит в результате новой реакции пропилена с формальдегидом (схема 5), образующимися в ходе реакции, и последующей за ней дегидратации кротилового спирта (схема 6), однако данные вещества не были обнаружены в продуктах реакции,

(4)


(5)


(6)

Катализатор Cu/H-CBV21A. Степень превращения ДМЭ на данном катализаторе при температуре 230 °С гораздо выше (15,6 %). Среди продуктов реакции присутствуют углеводороды до C_5, а также водород, CO (табл. 3). При температуре 270 °С в контактном газе обнаружено следовое количество ацетальдегида. Доля углеводородов C_4 в ходе данного эксперимента колебалась от 15 до 20 % мольных, однако во всем температурном диапазоне основными продуктами являлись метан и пропилен.

Из исследованных образцов катализаторов наибольшая активность наблюдалась у катализатора Cu/H-CBV21A, наименьшая – у Cu/SiO_2. Применение меди в качестве активного компонента в цеолитных катализаторах позволяет превращать диметиловый эфир в углеводороды C_1–C_5 с высоким содержанием C_4 углеводородов в продуктах реакции. Дальнейшее развитие данного направления и синтез высокоселективных катализаторов на основе медьсодержащих цеолитов может способствовать активному внедрению данных реакций в промышленности.

Таблица 3

Состав продуктов превращения ДМЭ в присутствии катализатора Cu/H-CBV21A

T, °С	*X*, %	Состав органических продуктов, % мольн						
		Метан	Этилен	Этан	Пропилен	Пропан	C_4^*	C_5^{**}
230	15,6	30,885	14,521	0,366	26,462	0	21,159	6,606
270	85,3	13,653	22,454	0,891	40,041	2,642	16,371	3,946
310	98,6	8,598	21,950	1,497	41,051	6,746	16,795	3,362
350	99,5	11,769	24,959	1,678	24,195	13,029	18,798	5,571

C_4^* – сумма углеводородов C_4; C_5^{**} – сумма углеводородов C_5.

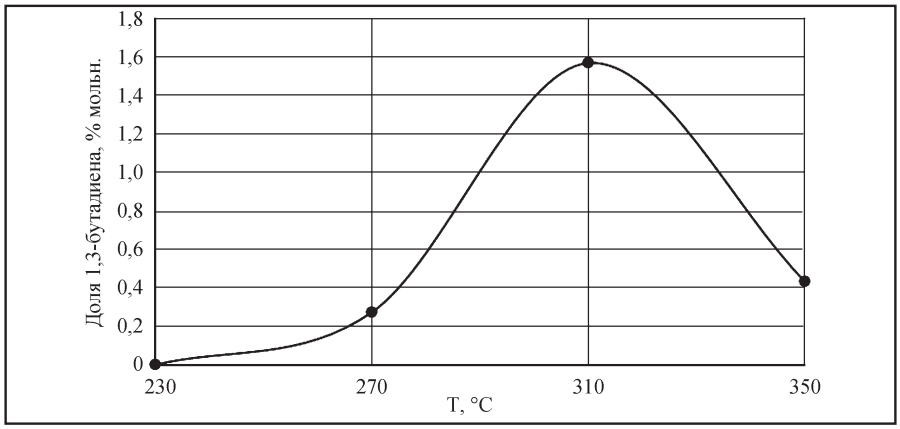


Рис. 2. *Зависимость доли 1,3-бутадиена среди C_4 продуктов от температуры реакции*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Чанышев Р.Р., Вильданов Ф.Ш., Латыпова Ф.Н. и др.** Диметиловый эфир – альтернативный вид нефтегазохимического сырья и топлива // Башкирский химический журнал. 2014. Т. 21, № 4. С. 20–26.
2. **Розовский А.Я.** Экологически чистые моторные топлива на базе природного газа // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. Т. 13, № 6. С. 701–712.
3. **Kolesnichenko N.V., Goryainova T.I., Biryukova E.N. et al.** Synthesis of lower olefins from dimethyl ether in the presence of zeolite catalysts modified with rhodium compounds // Petroleum Chemistry. 2011. Vol. 51, Issue 1. P. 55–60.
4. **Khadzhiev S.N., Magomedova M.V., Peresypkina E.G.** Mechanism of olefin synthesis from methanol and dimethyl ether over zeolite catalysts: a review // Petroleum Chemistry. 2014. Vol. 54, Issue 4. P. 245–269.
5. **Kolesnichenko N.V., Kitaev L.E., Bukina Z.M. et al.** Synthesis of gasoline from syngas via dimethyl ether // Kinetics and Catalysis. 2007. Vol. 48, Issue 6. P. 789–793.
6. **Klein A., Palkovits R.** Influence of structural parameters on the conversion of ethanol into 1,3-butadiene using mesoporous zeolites // Catalysis Communications. 2017. Vol. 91. P. 72–75.
7. **Baronettia G., Brianda L., Sedranb U. et al.** Heteropolyacid-based catalysis. Dawson acid for MTBE synthesis in gas phase // Applied Catalysis A: General. 1998. Vol. 172, Issue 2. P. 265–272.

УДК 621.436, 662.754, 665.11

ПРИСАДКИ К НЕФТЯНЫМ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВАМ

В.А. Марков, д-р техн. наук, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана); **С.А. Нагорнов,** д-р техн. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН); **С.В. Романцова,** канд. хим. наук, **С.Е. Синютина,** канд. хим. наук, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина (ТГУ им. Г.Р. Державина); **А.Ю. Корнев,** канд. хим. наук, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН).

Целью исследования является поиск соединений, синтезируемых из возобновляемого растительного сырья, способных улучшать смазывающие свойства дизельного топлива. Противоизносные присадки получали методами тонкого органического синтеза. Строение синтезированных веществ подтверждали методом инфракрасной спектроскопии. Синтезированы метиловые эфиры высших алифатических кислот, моноэтаноламиды высших алифатических кислот, диэфиры высших алифатических кислот и триэтаноламина. Определены смазывающие свойства присадок. Показано, что синтезированные соединения улучшают смазывающие свойства гидроочищенного дизельного топлива и могут быть использованы в качестве противоизносных присадок. Наиболее выраженным эффектом улучшения смазывающей способности обладают продукты взаимодействия рыжикового масла с триэтаноламином, имеющие больший дипольный момент и более отрицательный заряд на атомах азота.

Ключевые слова: *нефтяное дизельное топливо; противоизносные присадки; моноэтаноламиды высших алифатических кислот; диэфиры высших алифатических кислот и триэтаноламина; квантово-химические расчеты.*

ADDITIVES TO PETROLEUM DIESEL FUELS

Markov V.A., Dr. of tech. sciences, Moscow State Technical University. N.E. Bauman (MGTU named after N.E. Bauman); **Nagornov S.A.,** Dr. of tech. sciences, All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (FGBNU VNIITiN); **Romantsova S.V.,** Ph.D. of chem. sciences; **Sinyutina S.E.,** Ph.D. of chem. sciences, Tambov State University. G.R. Derzhavin (TSU named after G.R. Derzhavin); **Kornev A.Yu.,** Ph.D. of chem. sciences, All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture (FGBNU VNIITiN)

The aim of this study is to find compounds synthesized from renewable plant raw materials that can improve the lubricating properties of diesel fuel. Anti-wear additives were obtained by methods of fine organic synthesis. The structure of the synthesized substances was confirmed by infrared spectroscopy. Methyl esters of higher aliphatic acids, monoethanolamides of higher aliphatic acids, diesters of higher aliphatic acids and triethanolamine are synthesized. The lubricating properties of additives have been determined. It is shown that synthesized compounds improve the lubricating properties of hydrotreated diesel fuel and can be used as anti-wear additives. The most pronounced effect of improving the lubricating ability is shown by the products of interaction of camelina oil with triethanolamine, characterized by a larger dipole moment and a more negative charge on nitrogen atoms.

Keywords: *petroleum diesel fuel; antiwear additives; monoethanolamides of higher aliphatic acids; diesters of higher aliphatic acids and triethanolamine; quantum chemical*

Введение

Направления дальнейшего совершенствования двигателей внутреннего сгорания во многом будут определяться тенденциями развития мирового нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего комплекса [1]. Значительное влияние на современные тенденции в развитии нефтеперерабатывающего комплекса России оказывают проблемы воспроизводства запасов нефти и, соответственно, потенциал ее экспорта и переработки. Считается, что существующие объемы ежегодной добычи нефти в России (также и в США) быстро приведут к истощению природных запасов нефти (по некоторым оценкам, в течение 15–20 лет) [2]. В связи с этим особенно актуальными становятся проблемы сокращения расхода топлива двигателями внутреннего сгорания, улучшения качества производимых топлив, разработка новых высокоэффективных присадок к нефтяным топливам. Это относится и к разработке присадок к нефтяным дизельным топливам, доля которых в общем объеме вырабатываемых моторных топлив превышает 50 % [2].

Присадки к нефтяным дизельным топливам

В целях улучшения ряда эксплуатационных свойств моторных топлив в них вводят различные присадки – депрессорные, кислородсодержащие, диспергирующие, противоизносные, антиокислительные, противодымные и др. [3–9]. Причем их содержание в моторных топливах может составлять от долей процента до 10 % и даже более [10]. В частности, присадки используются для повышения стабильности топлив и уменьшения их склонности к отложениям (наряду с регулированием химического состава топлив). Поскольку окислительным превращениям горючего в присутствии кислорода воздуха принадлежит ведущая роль, то, естественно, применение антиокислителей должно дать значительный эффект. Однако практика показывает, что применение даже очень эффективных антиокислителей не всегда дает необходимый эффект. Для топлив, содержащих различные гетероорганические соединения, антиокислительные присадки недостаточно тормозят

процесс окисления, не устраняют образования отложений, особенно при повышенной температуре. Это объясняется большим разнообразием образования начальных центров и разветвления цепных реакций, для торможения которых требуются ингибиторы с различными механизмами действия. Большинство известных антиокислителей реагируют с перекисными или алкильными радикалами, образуя малоактивные радикалы [11–14].

В настоящее время производство высококачественных нефтяных дизельных топлив (ДТ) невозможно без введения в них присадок различного функционального назначения, таких как депрессорные, промоторы воспламенения, диспергирующие, противоизносные и др. В то же время, при составлении многофункциональных пакетов присадок необходимо учитывать их совместимость, поскольку различные поверхностно-активные вещества (ПАВ) могут влиять на функциональные свойства друг друга. Антагонистический эффект может появиться при совместном использовании противоизносной и другой по функциональному назначению присадки [15]. В таблице представлены основные присадки к нефтяным ДТ, производимые и применяемые в России [2, 12, 13, 16–19]. Приведенный в таблице анализ рынка присадок к ДТ показывает, что подавляющее их большинство произведено и представлено иностранными компаниями.

Рабочие концентрации противоизносных присадок в ДТ составляют от 0,002 до 0,03 %. Однако при наличии в топливе присадок других типов, например депрессорных или промоторов воспламенения, рабочие концентрации которых на один-два порядка выше, наблюдается конкуренция присадок за поверхность, в которой противоизносные присадки по причине их меньшей концентрации проигрывают. Поэтому в действительности их вводят в ДТ в концентрации от 0,015 до 0,025 %. При исследовании противоизносных свойств ДТ наблюдается следующая зависи-

Основные присадки к нефтяным ДТ, применяемые на российских нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ)

Наименование присадки	Фирма производитель	Количество НПЗ	Наименование присадки	Фирма производитель	Количество НПЗ
Промоторы воспламенения			"Байкат"	ОАО "Ангарский завод катализаторов и органического синтеза"	5
Dodicet 5073	Clariant	18	"Комплексал-Эко-Д"	ООО"Новокуйбышевский завод масел и присадок"	3
Kerobrisol EHN	BASF	8	"Миксент 2030"	ООО "Русская инженерно-химическая компания"	3
ADX 743	Lubrizol	3	**Депрессорно-диспергирующие присадки**		
Zenteum R 668	Infineum	3	Dodiflow 4851	Clariant	1
HiTec 4103W	Afton	2	Dodiflow 4965		4
"Миксент 2000"	ООО "Русская инженерно-химическая компания"	2	Dodiflow 4971		3
"Цетамикс"	ФКП "Бийский олеумный завод"	5	Dodiflow 5057		1
Противоизносные присадки			Dodiflow 5416		3
Dodilube 4940	Clariant	18	Dodiflow 5747		1
Kerokorr LA 99C	BASF	9	Keroflux 3501	BASF	2
HiTec 4140A	Afton	6	Keroflux 3520		1
LZ 539M	Lubrizol	5	Keroflux 3566		1
PC-32	Total	2	Infineum R 430	Infineum	1
Infineum R 690	Infineum	1			

мость: чем ниже содержание серы в топливе, тем большая концентрация противоизносной присадки необходима. Если используется только противоизносная присадка, то эффективная концентрация ее в топливе может быть минимальной [14, 15]. Многие противоизносные присадки проявляют хорошие антикоррозионные свойства, что объясняется их поверхностной активностью, в результате чего образуется прочный сорбционный слой [20].

Межмолекулярное взаимодействие ПАВ присадки с компонентами среды может привести как к синергетическому эффекту, так и антагонистическому. Это связано с тем, что молекулы поверхностно-активных соединений топлива и противоизносной присадки могут существовать в истинно растворенном виде, образовывать димерные и ленточные ассоциаты и мицеллы различных форм и размеров. В случае образования межмолекулярных ассоциатов их полярность может изменяться в зависимости от количества ПАВ в топливе. Энергия взаимодействия молекул среды между собой определяется ван-дер-ваальсовым взаимодействием и энергией активированных молекулярных комплексов, что в значительной мере сказывается на активности ПАВ.

Для улучшения низкотемпературных свойств дизельных топлив наибольшее распространение получили депрессорные присадки, улучшающие низкотемпературные свойства базовых ДТ. Введение депрессорной присадки в летнее топливо позволяет понизить температуру его применения от 0 °С до минус –15 – –20 °С без ухудшения других эксплуатационных свойств, что в значительной степени решает проблему дефицита зимних ДТ. При этом общая структура производства ДТ за последние 10 лет практически не изменилась (выпуск летнего топлива составляет 84 %, зимних марок – 14 % и арктического – 2 %) [2]. Депрессорные присадки используются НПЗ главным образом для увеличения выхода светлых нефтепродуктов за счет утяжеления фракционного состава вырабатываемых зимних топлив, что существенно повышает экономическую эффективность нефтепереработки. Функциональные свойства депрессорных присадок связаны с объемными свойствами ПАВ – их поверхностная активность проявляется прежде всего на фазовых границах в объеме топлива. Однако часть ПАВ депрессорной присадки может сорбироваться на трущихся поверхностях, препятствуя взаимодействию противоизносной присадки и металла.

Острой проблемой выпуска товарных ДТ остается обеспечение требований по цетановому числу (ЦЧ). Всемирной топливной хартией предполагается рост ЦЧ до 51, что необходимо для современных двигателей, а в дальнейшем доведение его до 55 [12, 15, 16]. Цетаноповышающие присадки по своей химической природе – это алкилнитраты (2-этил-гексилнитрат или циклогексилнитрат). Поэтому и добавка их в топлива дает примерно одинаковый прирост цетанового числа. Необходимость учитывать совместимость присадок приводит к созданию специальных сбалансированных пакетов аналогично пакетам присадок, вводимым в смазочные масла [12, 13, 15, 16].

Проведенный анализ показал, что, несмотря на различие в стандартах разных стран на нефтяное ДТ, общей тенденцией является требование к снижению содержания серы в топливе. Получить низкосернистое топливо можно, только применяя процессы глубокой гидроочистки или гидрокрекинга. В результате из топлив практически полностью удаляются поверхностно-активные нативные гетероатомные соединения. При этом наряду с улучшением экологических характеристик дизельного топлива наблюдается ухудшение некоторых его эксплуатационных (прежде всего смазывающих) свойств. При использовании топлив прямой перегонки, содержание серы в которых составляет от 0,05 до 0,5 %, для насосов высокого давления срок критического износа довольно велик – 200–250 тыс. км. Применение топлив, отвечающих требованиям стандартов "Евро-4" этот срок сокращается до 30 тыс. км пробега, при эксплуатации дизельных топлив класса "Евро-5" он составляет всего 5–13 тыс. км [21–23]. Вероятно, можно найти нестандартные условия процесса гидроочистки, при которых удаление необходимых нативных соединений будет сведено к минимуму. Но в настоящее время наиболее реальным способом восстановления смазывающих характеристик дизельных топлив является использование противоизносных присадок. Противоизносные присадки можно получить из различного сырья, но перспективным представляется использование для производства присадок возобновляемых (растительных) ресурсов. Целью исследования является поиск соединений, синтезируемых из возобновляемого растительного сырья и позволяющих улучшить смазывающие свойства гидроочищенного ДТ.

Методика и результаты проведенных исследований

Для синтеза противоизносных присадок использовали методы тонкого органического синтеза. Строение синтезированных соединений подтверждали методом инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопии). Полученные присадки добавляли к гидроочищенному дизтопливу (1 %) и определяли смазывающие свойства топлива в соответствии с ГОСТ ИСО 12156-1-2006 [24]. Для проведения квантово-химических расчетов использовали полуэмпирический метод MNDO, позволяющий проводить расчеты равновесной геометрии органических молекул.

Атомы кислорода, азота и серы, содержащиеся в топливе, способствуют возникновению дипольного момента гетероатомных соединений. Полярные органические соединения могут взаимодействовать с атомами металла и создавать на трущихся поверхностях модифицированные слои со строгой ориентацией молекул. Так создается пленка, препятствующая соприкосновению металлических поверхностей трущихся пар, что снижает износ деталей двигателя. Металлическая поверхность деталей неоднородна. На ювенильных (свежеобнажённых) участках преимущественно происходит адсорбция неполярных углеводородов. На окисленных участках заметно возрастает роль адсорбции полярных соединений [25]. Увеличить энергию сцепления между молекулами можно за счет сил Ван-дер-Ваальса, следовательно, углеводородные радикалы в молекуле присадки должны быть неразветвленными. Таким образом, молекула противоизносной присадки должна иметь дифильное строение, т.е. содержать полярную группу и длинный неразветвленный гидрофобный радикал. При этом желательно использование для синтеза возобновляемого растительного сырья, что можно рассматривать как одну из возможностей обеспечения энергобезопасности.

Всем перечисленным требованиям отвечают сложные эфиры и амиды высших алифатических кислот, сырьем для их синтеза могут быть масла непищевых культур, например, техническое непищевое рыжиковое масло. Сложными эфирами высших алифатических кислот и трехатомного спирта глицерина являются молекулы триацилглицеринов растительных масел. Но введение в дизтопливо необработанного растительного масла нежелательно, так как это приводит к увеличению вязкости топлива, снижению пусковых свойств, уменьшению сроков хранения топлива из-за склонности к реакциям окисления и полимеризации. Поэтому в качестве присадки мы исследовали метиловые эфиры высших алифатических кислот, синтезируемые по реакции переэтерификации (метанолиза):

$$\begin{array}{l} CH_2-O-CO-R \\ CH-O-CO-R' \\ CH_2-O-CO-R'' \end{array} + 3CH_3OH \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{array}{l} CH_2-OH+RCOOCH_3 \\ CH-OH+R'COOCH_3 \\ CH_2-OH+R''COOCH_3 \end{array}$$

В ИК-спектрах синтезированных соединений присутствуют характерные для сложных эфиров валентные колебания карбонильной группы: выраженная полоса при 1744 см$^{-1}$. Присущие эфирам высших кислот валентные колебания сложноэфирной связи в области 1200–1170 см$^{-1}$ подтверждаются полосой при 1171 см$^{-1}$. Наличие в спектре симметричных валентных колебаний метоксигруппы подтверждает полоса при 2855,9 см$^{-1}$ [26–28].

Синтез амидов высших алифатических кислот планировался по реакции аминолиза на основе триацилглицеринов рыжикового масла. В качестве реагента использовали моноэтаноламин. Тип реакции – нуклеофильное замещение. Одновременное присутствие и взаимовлияние двух нуклеофильных групп: гидроксильной и аминогруппы часто определяет конкурентный характер реакций, ведь они могут протекать с участием обеих групп. При взаимодействии со сложными эфирами растительных масел может происходить ацилирование обеих функциональных групп, т.е. возможно как образование N-(2-гидроксиэтил) амидов кислот по реакции аминолиза, так и 2-аминоэтиловых эфиров кислот по реакции переэтерификации.

Для установления строения продукта реакции взаимодействия этаноламина и триацилглицеринов растительного масла, получены и проанализированы их ИК-спектры. Колебания карбонильной группы амидов карбоновых кислот по сравнению со сложными эфирами находятся в области более низких частот: 1680–1630 см$^{-1}$. В спектре также присутствуют полосы, характерные для деформационных колебаний NH- и CN-групп вторичных нециклических амидов кислот при 1554 см$^{-1}$ [24]. Следовательно, можно утверждать, что при взаимодействии триацилглицеринов с моноэтаноламином при 120–130 °С и времени реакции τ = 3 ч проходит синтез мо-

ноэтаноламидов высших алифатических кислот по реакции аминолиза по схеме:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-C(O)-R \\ CH-O-C(O)-R' + 3HOCH_2CH_2NH_2 \rightarrow \\ CH_2-O-C(O)-R'' \end{array}$$

$$\rightarrow \begin{array}{l} CH_2-OH + RCONHCH_2CH_2OH \\ CH-OH + R'CONHCH_2CH_2OH \\ CH_2-OH + R''CONHCH_2CH_2OH \end{array}$$

Нуклеофильные свойства азота в триэтаноламине намного меньше, чем в моноэтаноламине. Исследована реакция взаимодействия триэтаноламина с триацилглицеринами рыжикового масла.

При сравнении ИК-спектров исходного масла и продукта реакции видно, что реакция аминолиза практически не происходит, так как полосы, соответствующие колебаниям амидной группы при 1643 и 1570 см$^{-1}$, малоинтенсивны. Присутствие полос при 1740 и 1170 см$^{-1}$ подтверждает наличие в продукте реакции сложноэфирных групп. В спектре также присутствует широкая полоса при 3366 см$^{-1}$, что позволяет предположить наличие группы – NH. Анализ спектров позволяет предположить образование в ходе реакции диэфиров высших алифатических кислот и триэтаноламина по реакции переэтерификации:

$$\begin{array}{l} CH_2-O-CO-R \\ CH-O-CO-R' + N(CH_2CH_2OH_3) \rightarrow \\ CH_2-O-CO-R'' \end{array}$$

$$\rightarrow \begin{array}{l} CH_2-OH \\ CH-O-CO-R' \\ CH_2-OH \end{array} + \begin{array}{l} RCOOCH_2CH_2 \\ HN \\ R''COOCH_2CH_2 \end{array}$$

Строение продукта реакции подтверждается литературными данными о взаимодействии, которое можно считать реакцией встречного синтеза [29].

Определена смазывающая способность дизельного топлива в присутствии синтезированных присадок и без них (рис. 1).

Полученные данные свидетельствуют о том, что синтезированные соединения улучшают смазывающие свойства гидроочищенного дизельного топлива и могут быть использованы в качестве противоизносных присадок. Однако эффективность взаимодействия полученных соединений с металлической поверхностью трущихся деталей заметно отличается. Наиболее выраженным эффектом обладают диэфиры высших алифатических кислот и триэтаноламин – HO-$CH_2CH_2$3N, в меньшей степени этот эффект выражен у метиловых эфиров высших алифатических кислот.

Для объяснения этих различий был проведен квантово-химический расчет исследуемых соединений. Компьютерное изучение механизма действия присадок различного назначения к топливам является актуальным, поскольку понимание механизма действия присадок позволит целенаправленно разрабатывать присадки для придания топливам необходимых эксплуатационных свойств [30]. Была проведена оптимизация геометрии и определены значения дипольных моментов молекул, а также эффективные заряды на атомах азота. Наиболее полярными являются молекулы диэфиров высших алифатических кислот (рис. 2).

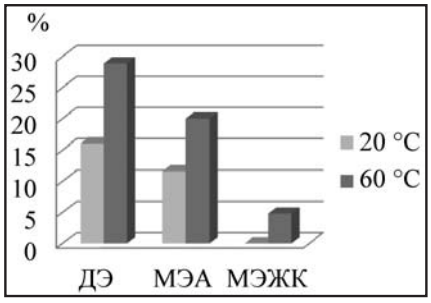


Рис. 1. *Улучшение смазывающей способности дизельного топлива (в процентах) при добавлении в него диэфиров высших алифатических кислот и триэтаноламина (ДЭ), моноэтаноламидов высших алифатических кислот (МЭА) и метиловых эфиров жирных кислот (ЖК) при различных температурах*

Исследования показали, что наблюдается удовлетворительная корреляция между значениями дипольного момента и заряда на атомах азота исследуемых соединений и их смазывающей способностью (рис. 3). В реальных условиях эксплуатации адсорбция происходит на неоднородной металлической поверхности с оксидными пленками. Присадки

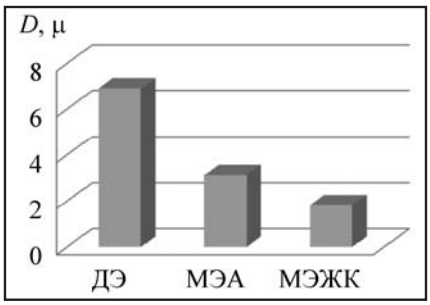


Рис. 2*. Дипольные моменты (D, μ) молекул диэфиров высших алифатических кислот и триэтаноламина (ДЭ), моноэтаноламидов высших алифатических кислот (МЭА) и метиловых эфиров высших алифатических кислот (МЭЖК)*

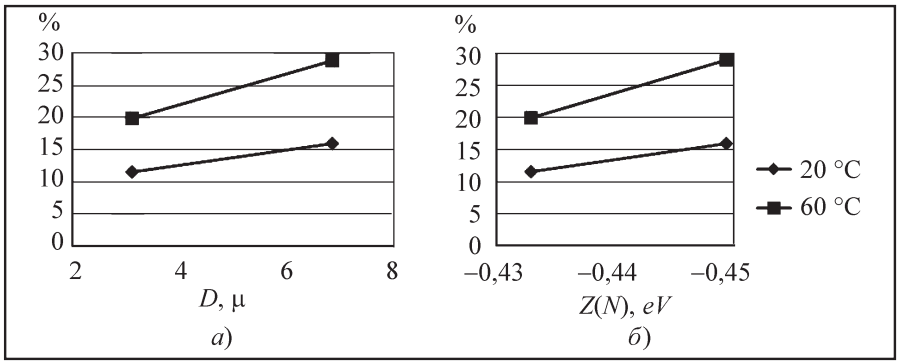


Рис. 3. *Зависимость улучшения смазывающей способности дизельного топлива (в процентах) от дипольного момента (D, μ) (а) и от заряда на атомах азота (Z (N), eV) (б) при добавлении в него молекул диэфиров высших алифатических кислот и триэтаноламина (ДЭ) и моноэтаноламидов высших алифатических кислот (МЭА)*

с большей полярностью закономерно более активны при таком взаимодействии. Вероятно, свою роль играет и наличие у молекул диэфиров двух неразветвленных углеводородных радикалов.

Полученные результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что наиболее выраженным эффектом по улучшению смазывающей способности нефтяных ДТ обладают добавляемые в него продукты взаимодействия рыжикового масла с триэтаноламином, которые улучшают смазывающие свойства топлива на 11–16 % при температуре 20 °С и на 20–30 % при температуре 60 °С.

Заключение

Производство высококачественных нефтяных дизельных топлив невозможно без введения в них присадок различного функционального назначения, таких как депрессорные, промоторы воспламенения, диспергирующие, противоизносные и др.

Удаление из дизельного топлива серы в целях улучшения его экологических качеств приводит к ухудшению его смазывающей способности.

Наиболее реальным способом восстановления смазывающих характеристик дизельных топлив при удалении из них серы является использование противоизносных присадок.

Противоизносные присадки можно получить из различного сырья, но перспективным представляется использование для производства присадок возобновляемых (растительных) ресурсов.

Рассмотрена возможность использования для этих целей рыжикового масла.

Наиболее выраженным эффектом улучшения смазывающей способности обладают продукты взаимодействия рыжикового масла с триэтаноламином, которые улучшают смазывающие свойства на 11–16 % и на 20–30 % соответственно в зависимости от условий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. и др.** Машиностроение. Энциклопедия. Том IV. Двигатели внутреннего сгорания / Под ред. А.А. Александрова, Н.А. Иващенко. М.: Машиностроение, 2013. 784 с.

2. **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.

3. **Гуреев А.А., Азев В.С., Камфер Г.М.** Топливо для дизелей. Свойства и применение. М.: Химия, 1993. 336 с.

4. **Бадыштова К.М., Берштадт Я.А., Богданов Ш.К. и др.** Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / Под ред. В.М. Школьникова. М.: Химия, 1989. 432 с.

5. **Петрухнова Е.В., Плаксина Р.В., Корнишина Л.Е. и др.** Импортозамещение присадок, улучшающих свойства дизельного топлива Евро // Нефтепереработка и нефтехимия. 2011. № 7. С. 21–24.

6. **Кондрашева Н.К.** Влияние синтетических и природных депрессорных присадок на низкотемпературные свойства дизельных топлив разного состава // Химия и технология топлив и масел. 2012. № 6. С. 39–40.

7. **Ogawa H., Nabi M.N., Minami M. et al.** Ultra Low Emissions and High Performance Diesel Combustion with a Combination of High EGR, Three-Way Catalyst, and a Highly Oxygenated Fuel, Dimethoxy Methane (DMM) // SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1819. P. 1–7.

8. **Vertin K.D., Ohi J.M., Naegeli D.W. et al.** Methylal and Methylal-Diesel Blended Fuels for Use in Compression-Ignition Engines // SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1508. P. 1–8.

9. **Walde N., Westerholm R., Persson K.** A Study of the Organic Emission from a Turbocharged Diesel Engine Running on 12 per cent Hexyl Nitrate Dissolved in Ethanol // SAE Technical Paper Series. 1984. № 840367. P. 1–7.

10. **Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л.** Химмотология. М.: Химия, 1986. 368 с.

11. **Гуреев А.А., Зарубин А.П.** Химия сероорганических соединений, содержащихся в нефтях и нефтепродуктах: Том VIII. М.: Высшая школа, 1968. 584 с.

12. **Данилов А.М.** Применение присадок в топливах для автомобилей: Справочник. М.: Химия, 2000. 232 с.

13. **Данилов А.М.** Присадки к топливам. Разработка и применение в 2001–2005 гг. // Химия и технология топлив и масел. 2007. № 2. С. 47–56.

14. **Середа А.В., Приваленко А.Н., Шарин Е.А. и др.** Установление влияния соединений серы на противоизносные свойства дизельных топлив // Междуна-

родный технико-экономический журнал. 2011. № 3. С. 116–120.

15. **Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. и др.** Доведение качества отечественных дизельных топлив до Европейских требований. СПб.: Академия прикладных исследований, 2002. С. 20–29.

16. **Данилов А.М.** Применение присадок в топливах. М.: Мир, 2005. 288 с.

17. **Митусова Т.Н.** Современное состояние производства присадок к дизельным топливам. Требования к качеству // Мир нефтепродуктов. 2009. № 9–10. С. 10–16.

18. **Новацкий Г.Н., Водолажский С.В., Соколов Б.Г.** Разработка отечественного пакета присадок для современных дизельных топлив // Мир нефтепродуктов. 2006. № 6. С. 9–12.

19. **Сурин С.А.** Мировые тенденции развития рынка топлив и присадок для них // Мир нефтепродуктов. 2003. № 4. 23 с.

20. **Середа А.В., Братков А.А., Азев В.С.** Многофункциональная присадка АГИКАП-25 для малосернистых дизельных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. 2007. № 8. С. 37–40.

21. **Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В.** Современные дизельные топлива и присадки к ним. М.: Техника, ООО "Тума Групп", 2002. 64 с.

22. **Капустин В.М.** Нефтяные и альтернативные топлива с присадками и добавками. М.: КолосС, 2008. 232 с.

23. **Данилов А.М.** Применение присадок в топливах. СПб.: Химиздат, 2010. 368 с.

24. **ГОСТ ИСО 12156-1-2006.** Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR. Часть 1. Метод испытаний. М.: Стандартинформ, 2006. 17 с.

25. **Фукс И.Г.** Добавки к пластичным смазкам. М.: Химия, 1982. 48 с.

26. **Казицына Л.А., Куплетская Н.Б.** Применение ИК-, УФ- и ЯМР-спектроскопии в органической химии. М.: Высшая школа. 1971. 246 с.

27. **Романцова С.В., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г. и др.** Состав и спектральные характеристики компонентов биотоплив, синтезированных из масел рапса, рыжика и крамбе // Вестник ТГУ. Тамбов. 2012. Т. 17. Вып. 1. С. 339–342.

28. **Нагорнов С.А., Романцова С.В., Гаврилова В.А. и др.** Определение состава смесевого топлива // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 1. С. 28–29.

29. **Городнов В.П., Петров А.А.** Этаноламидирование и этерификация кубовых жирных кислот // Труды Гипровостокнефти, вып. XIII. М.: Недра, 1971. С. 161–169.

30. **Любименко В.А.** Механизм действия присадок к дизельным топливам. Компьютерное моделирование и квантово-химические расчеты. Саарбрюккен (Германия): Изд-во Lambert Academic Publishing, 2015. 56 с.

УДК 620:92; 629.33

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНЫЕ И БЕСПИЛОТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

Рассматривается успешность современных реализаций главных тенденций автомобилестроения, связанных с электромобилизацией и беспилотным управлением колёсными транспортными средствами.

Ключевые слова: *автомобилестроение; конструкции; технологии; энергоэффективность; электромобили; беспилотные автомобили.*

MODERN ELECTROMOBILE AND BREAK-FREE TECHNOLOGIES

Grushnikov V.A., Ph.D. of tech. sciences, VINITI RAN, Moscow

The success of modern realizations of the main trends in the automotive industry related to electromobilization and unmanned steering of wheeled vehicles.

Keywords: *automotive; construction; technology; energy efficiency; electric cars; unmanned vehicles.*

Успешность реализаций возможностей электрифицированного привода колесного транспортного средства (КТС) с преследуемой целью предотвращения угрозы глобального потепления и беспилотного автономного управления с возможностями искусственного разума избежать ошибок человеческого фактора попробуем отследить по актуальному состоянию этих аспектов современной интегральной проблемы экологической и механической безопасности движения по дорогам общего пользования. Эти темы являются самыми злободневными на форумах самого разного уровня.

Так, главными темами проведённого в мае 2017 г. 7-го электромобильного саммита Германии с рассмотрением реализации правительственной программы появления на дорогах страны в 2020 г. 1 млн электромобилей, наряду с вопросами финансирования инновационных разработок, электрической, газовой и/или водородной альтернативы бензиновому и дизельному приводу КТС, стали [1] проблемы пересмотра экологических требований, совершенствования транспортной логистики и промышленного производства электродвигателей. Успехами в этих трендах развития транспортной мобильности с участниками саммита поделились представители концерна Daimler, федерального министерства транспорта и цифровой инфраструктуры, производственно-технологических компаний Innogy SE, NOW, Берлинского транспортного предприятия, концернов Volkswagen, IG Metall и других немецких предпринимателей.

Но их продвижение на массовый рынок предложений и использований, как представляется наиболее продвинутыми маркетологами, может быть поддержано и ускорено не только техническими инновациями, развитостью инфраструктуры и ценовой привлекательностью, но и аспектами социальной значимости и привлекательности. Так, общеизвестными фактами являются сведения о том, что электрифицированные КТС с гибридным, а тем более – с чисто электрическим приводом способны значительно снизить выбросы в атмосферу вредных отравляющих веществ, провоцирующих необратимые изменения климата в виде глобального потепления, без существенного снижения удобства или мобильности пользователей. Тем не менее доля рынка электрифицированных КТС продолжает оставаться низкой, что требует исследований для определения факторов, которые могут способствовать более широкому их распространению. Например, озабоченность по поводу изменения климата связана с намерением массового использования электротранспорта, но мало что известно о механизмах, посредством которых эта озабоченность может привести к эффективной реализации этих благих намерений. В связи с этим сотрудниками колледжа государственной политики Университета шт. Южная Калифорния и колледжа окружающей среды и природных ресурсов Университета шт. Огайо (США) исследована [2] роль символических и инструментальных атрибутов массового использования экологически чистого электротранспорта. Она основана на пропаганде его уникальных технических и природоохранных

Электромобиль Renault TreZor

возможностей, а также символичности статуса экологического и социального новаторства человека за рулём электромобиля. Изучены конкретные аспекты его самоидентификации как лидера и проводника прогрессивной и перспективной тенденции развития общества, оценено влияние на процесс электромобилизации отдельных аспектов символизма в виде инструментальных, психологических и демографических факторов. Символизм новаторства повышает готовность покупать и арендовать электромобили. Эти результаты исследования имеют прямые последствия для маркетинга и политики в области электромобилизации и предполагают увеличение ее потенциала на основании конкретных самоидентификаций лидеров прогресса, что может стать более многообещающей стратегией массового распространения электромобилизации, чем акцент на инструментальные атрибуты, такие как топливная экономичность.

Грузовой автомобиль MAN City eTruck

Высок потенциал и, если уж и не локальных, так уж точно передовых региональных моделей электромобилизации. Взять, например, Австрию.

Реализуемая с 2008 г. региональная модель электромобилизации Австрии позволила [3] ей выйти на первое место в Евросоюзе по темпам осуществления этого процесса. При 3826 вновь допущенных к эксплуатации в 2016 г. электромобилей рост к 2015 г. составил 28,1 %. В рамках программы национальной электромобилизации с фондом государственной поддержки инвестициями около 21 млн евро уже построено около 3 тыс. электрозарядных станций общей доступности. Формировалась эта региональная модель в три этапа. Сначала в федеральных землях страны было проведено всестороннее обследование особенностей эксплуатации колёсных транспортных средств и электромобилей, в частности, потребности в дополнительных энергоресурсах и развитости инфраструктуры. Затем с 2012 г. формировался консолидированный план мероприятий и разрабатывался сетевой проект внедрения мероприятий. А с 2014 г. уже началась его успешная реализация. Отличительной особенностью австрийской региональной модели электромобилизации является стремление к 100%-му обеспечению электроэнергией из возобновляемых источников.

Но и в грузовой электромобилизации Австрия по темпам реализации экологической транспортной стратегии начала лидировать в Евросоюзе. Краеугольные камни грузовой электромобилизации Австрии заложены [4]

началом выпуска в конце 2017 г. в Штейре экспериментальных образцов (серийные запланированы на начало 2021 г.) 18-тонных седельных тягачей развозных автопоездов концерна MAN Truck&Bus допустимой полной массой 28 т на электротяге и подписанием Соглашения о сотрудничестве его австрийского подразделения с отечественным логистическим объединением CNL. Основным в серии 12–28-тонных экологически чистых развозных автопоездов с колёсной формулой 6×2 концепции MAN City eTruck станет электротягач на базе MAN TGM с мощностью электропривода 250 кВт, максимальным крутящим моментом 2700 Нм без коробки передач, автономностью хода до 200 км, временем частичной быстрой зарядки аккумуляторной батареи 0,5 и полной – 8 ч и с системой рекуперации энергии торможения.

Ускорение темпов электрификации КТС особенно заметно на интенсивно развивающемся в последнее время китайском рынке потребления КТС и, конечно, в его максимально населённых агломератах с многомиллионным населением. Так, интенсификация использования на дорогах общего пользования Пекина КТС с чисто электрическим и гибридным приводом в государственной программе её продвижения поощряется прогнозом реализации прогрессивных и перспективных технологий зарядки энергоносителей и автономного движения подвижного состава с минимальным использованием и/или без использования ископаемого топлива и без выбросов отравляющих атмосферу вредных веществ. В частности, на основе собранных данных о

"Солнечный электромобиль" Sion

траектории движения в реальном времени 46 765 такси Пекина разработана [5] имитационная математическая модель оптимизации перемещения электрифицированных КТС между станциями электрозарядной инфраструктуры и оптимизации стратегии их энергоэффективного управления. Хотя в этом исследовании рассматривается только парк электрифицированных КТС одного, хотя и очень большого мегаполиса, методологическая основа оптимизации его эксплуатации применима и к другим городам и не только Китая. Результаты моделирования показывают, что оптимальное размещение общедоступных станций электрозарядки в кластерах является превосходной стратегией увеличения скорости электрификации транспортного процесса, а развертывание 500 общественных станций, каждая из которых включает по 30 устройств обычной и ускоренной зарядки, может обслуживать до 170 млн ездок

Беспилотный автомобиль НАМИ

электрифицированных КТС только в Пекине.

Но полное представление технической и, главным образом, экологической эффективности электромобилизации невозможно без чёткого понимания и объективного осмысления всех аспектов проблемы результатов её реализации. Так, по мнению специалистов немецкой компании Schaeffler и не только, нельзя [6] обоснованно провести беспристрастный анализ ретроспективы, но и наметить перспективы развития этого процесса. С учётом информации столетней давности о 60 тыс. аккумуляторно-батарейных автомобилей с электроприводом в США в 1912 г. (а это – 40 % всего парка), выпускаемых компанией Delco под торговой маркой Cadillac. С позиций современной концепции охраны окружающей среды электромобиль совсем не так уж привлекателен. По локальной шкале "топливный бак или аккумулятор – колесо" он экологически чист. А по интегральной оценке от источника энергии до колеса – уже не всё так хорошо: в 2014 г. при производстве 1 кВт·ч электроэнергии в атмосферу выбрасывалось 569 г углекислого газа! Поэтому проблема электромобилизации является гораздо более сложной, чем кажется на первый взгляд, и нуждается в комплексном решении всех составляющих её аспектов. В их русле находится, например, электрификация приводов не только самого КТС, но и его отдельных агрегатов. Наглядной демонстрацией этого служит электромеханический стабилизатор поперечной устойчивости Schaeffler.

Шансы электрифицированного автомобильного привода всё более повышаются [7] с реальной конкурентоспособностью КТС с комбинированными энергетическими установками с перспективой чисто электрической тяги – электромобилей. Разработчиком инновационных процессов и реализующих их агрегатов VOIT Automobile из немецкого Санкт-Ингберта этот процесс связывается с появлением в самом ближайшем будущем прорывных технологий, повысящих автономный запас хода электрифицированных КТС и расширящих возможности доступной зарядки аккумуляторов. Процесс, основанный на анализе реальных разработок в сегменте электромобилизации, позволил составить скорректированный, в меру оптимистический прогноз на 2021 г. с появлением на дрогах Евросоюза, а не Германии, как раньше, более 2 млн гибридных автомобилей и около 1 млн электромобилей. Как и другими аналитиками, подчёркивается роль инноваций в электродвигательной и аккумуляторной сфере разработок и миниатюризации подвижного состава, но большое внимание привлекается к усовершенствованиям модульного рулевого управления и ходовой части.

В проблематике энергоэффективности и электромобильности КТС в качестве одной из самых актуальных продолжает оставаться [8] проблема эффективного использования солнечной энергии. Так называемый "Солнечный электромобиль" Sion является продуктом более четырёх с половиной лет реализуемого германской технологической компанией Sono Motors

Автономный грузовик Freightliner Inspiration

проекта создания концептуального электромобиля с солнечно-элементными панелями кузова на собственном оригинальном шасси, получившего название "Sion". Его производство планируется начать с середины 2019 г., когда, как надеются разработчики, поступит не менее 50 тыс. заявок на него. Пока заказано 1700 электромобилей Sion.

Ну а в концепции легкового миниэлектромобиля серии epsilon исследовательского европроекта ярко выражены перспективные черты энергоэффективного электромобиля-минивэна. Разработки современного экологически чистого компактного городского легкового КТС с электроприводом, реализованной альянсом Института автомобильного транспорта Технического университета федеральной земли Северный Рейн-Вестфалия и научно-исследовательской консалтинговой фирмы fka (г. Аахен, Германия), ярко выражены перспективные черты энергоэффективного электромобиля-минивэна. Лобовая площадь этого аэродинамичного двухместного легкового автомобиля с прочными полимерными углепластиковыми панелями кузова, спроектированного и изготовленного по технологии формования аэрокосмических объектов, составляет всего 1,8 м^2, бортовое электрооборудование мощностью 24 кВт работает с напряжением 800 В, а его аккумуляторная батарея до 85%-й энергоёмкости заряжается всего за 25 мин.

Наряду со значением общего энергетического менеджмента КТС с электрифицированным, а тем более чисто электрическим приводом, нельзя недооценивать возможности его термодинамической оптимизации. Значение термодинамического менеджмента для энергоэффективной эксплуатации электромобиля исследовано во многих теоретических анализах и экспериментальных разработках.

В аналитическом обзоре температурных условий эксплуатации силовых агрегатов традиционного, гибридного и чисто электрического привода КТС сотрудниками немецкой энерготехнологической компании Mahle Behr рассматриваются [9] особенности их функционирования и требования к их термодинамическому менеджменту. При относительной гомогенности температурного режима автомобильного привода с двигателем внутреннего сгорания, коробкой передач и низковольтной аккумуляторной батареей, успешно поддерживаемого на приемлемом уровне от одного до трёх контурами циркуляции теплоносителя, у компонентов комбинированной, а тем более – чисто электрической энергетической установки электрифицированного КТС с гибридным приводом и электромобиля, соответственно, температурные режимы эксплуатации намного отличаются. Если электродвигатель надёжно функционирует при нагреве до 120 °С (на постоянных магнитах) и даже до 140 °С (с электромагнитными ка-

тушками обмоток), то силовая электроника выдерживает нагрев всего до 60 °С, а литий-ионные аккумуляторы – всего до 40 °С. Это требует дифференцированного подхода к организации их охлаждения и поддержания оптимального термодинамического менеджмента, что вызывает необходимость в наличии до пяти контуров циркуляции хладагента/теплоносителя.

Тенденция автоматизации управления КТС обозначилась и наметилась ещё во второй половине XX века, как мера повышения безопасности дорожного движения, сначала по сохранению прямолинейного движения при торможении, а идея электрифицированного привода родилась ещё в начале прошлого столетия. И с тех пор с разной степенью интенсивности эти два аспекта современной автомобилизации постоянно находятся в поле зрения конструкторов, технологов и эксплуатационщиков КТС.

Автоматизация управления КТС в виде автономно перемещающегося по инфраструктурно обустроенной дорожной сети робота на колёсах является важнейшей составляющей инновационной стратегии развития автомобилизации. Объекты искусственного интеллекта всё больше проникают в нашу повседневную жизнь, отвоёвывая в ней всё более широкое пространство. В числе двенадцати выдающихся инноваций в виде прорывных технологий, способных принести мировой экономике до 2025 г. выгоду от 14 трлн долл. США при пессимистическом сценарии развития событий до 33 трлн долл. – при оптимистическом – интенсивном, авторитетнейшем в области

Концепт-кар Nissan IDS

прогнозирования технического прогресса, в частности, Институтом McKinsey (MGI) на первое место поставлен "Мобильный интернет" (4–11 трлн долл. США), на второе – "Автоматизация интеллектуального труда" (5–6,7 трлн долл.) и на пятое – "Продвинутая робототехника" (1,6–4,5 трлн долл.).

Все три эти категории полезных применений достижений технического прогресса так или иначе связаны с автоматизацией управления КТС. Но, кроме них, на седьмом месте в этом престижном рейтинге значится и конкретно касающаяся интеллектуальных беспилотных технологий управления. Действительно прорывной революционной инновацией признаётся технология "Самоуправляемых автомобилей" с мощной синергетикой объединения в себе преимуществ "Мобильного интернета", "Автоматизация интеллектуального труда" и "Продвинутой робототехники". Эти технологии незаменимы при выполнении требующих высокого быстродействия и точности рутинных операций, связанных и большим количеством расчётов и выбором единственного правильного решения из множества возможных. Искусственный интеллект, не сам, конечно, а с подачи человека, посягнул на то, чтобы отобрать у него, ещё совсем недавно, казалось бы, несомненную привилегию и неотъемлемую функцию управления КТС. В метрополитене – это уже реальность. Теперь на очереди – наземный транспорт. И, если с рельсовым – уже и сейчас не проблема, то с автомобильными КТС придётся повозиться, так как здесь большая степень свободы перемещения, а значит и больше неопределённостей и проблем, которые, впрочем, решаются.

Сегодня решение задачи уже не частичного, а полностью автономного вождения без участия человека-водителя за рулём КТС, управляемого условным роботом, всё ближе приближается к практической реализации. Возможности автономного беспилотного КТС продолжают оцениваться [10] уже во второй части исследовательского проекта "Сделано в Германии" партнёрами из Continental (дистанционно управляемые КТС с интеллектуальной бортовой коммуникационной системой), Deutsche Telecom (сетевая интернет-связь), Nokian Networks (мобильная коммуникационная аппаратура) и института им. Фраунгофера (прокладка коммуникационной сети и программное обеспечение интеллектуальной бортовой и инфраструктурной транспортных систем). Демонстрация перспективных возможностей автомобильного транспорта поколения 4.0 с прототипом мобильной связи пятого поколения "G" с быстродействием осуществления маневров и торможений за 20 мс в сценарии Car2Car с двумя специально построенными пассажирскими болидами осуществляется на специально обустроенном участке с инновационной

инфраструктурой между Пфаффенхофеном и Галлертау автомагистрали А9 в федеральной земле Бавария.

А самые продвинутые в плане проработанности информационно-технологической платформы экспериментальные образцы автономных беспилотных автомобилей компании Google на платформе Tesla (США) уже пробежали более 1,5 млн км всего с одной аварией со смертельным исходом и то – по вине человека. Королевская инженерная академия наук Великобритании заявила, что беспилотные грузовые автомобили могут появиться на дорогах Великобритании к 2019 г. Беспилотный автомобиль фирмы Delphi Automotive совершил автопробег от Сан-Франциско до Нью-Йорка. От одного американского побережья до другого почти 5,5 тыс. км автоматизированный беспилотник проехал за 9 дней. Компания Volvo испытывает полуавтономный автопоезд, который может начать использоваться к 2020 г. BMW собирается выпустить первый беспилотный электромобиль в 2021 г. Британский проект "Гринвичская среда автономных средств передвижения" (GATEway) в мае 2016 г. провела набор экспертов-испытателей беспилотных автомобилей на закрытой территории. В мае 2016 г. китайские компании Baidu и Chery Automobile начали испытания двух автомобилей в провинции Аньхой. Компания Uber 18 августа 2016 г. объявила об использовании беспилотных колёсных транспортных средств для перевозки пассажиров в Питтсбурге. В первое время в них будет сидеть запасной водитель, который может взять управление на себя в нестандартной ситуации. С 14 сентября 2016 г. компания стала предоставлять беспилотники некоторым клиентам [11]. А в России 26 сентября 2016 г. компания Cognitive Technologies объявила о создании программно-аппаратной платформы C-Pilot, которая может устанавливаться, как на легковых, так и на других типах автомобилей. Кроме того, компания анонсировала планы по её развитию, предполагающие обеспечение возможности полностью автономного движения к 2022 г.

В мае 2016 г. Google и FCA (Fiat Chrysler) заключили договор о сотрудничестве в целях выпуска 100 самоуправляемых Chrysler Pacifica. Эти автомобили с комбинированной энергетической установкой на борту будут иметь восемь посадочных мест. А 1 сентября 2016 г. группа разработчиков из компании Google запатентовала способ распознавания проблесковых маячков автомобилей экстренных служб, который реализуется на её беспилотнике. Беспилотники Google пока не могут передвигаться под проливным дождём и в условиях заснеженной местности. Связано это с тем, что идентификация местности производится посредством сравнения заблаговременно отснятых фотографий с результатами визуализации окружающего ландшафта сканирующими системами автомобиля. Поэтому система может отличить пешехода от обычного телеграфного столба, но только при хороших погодных условиях, а также не способна распознавать временные сигналы светофора и отличить пешеходов от полицейских или скомканную бумагу от камня. К сожалению, они не умеют и парковаться.

Зато успешными оказались испытания Uber автономного грузового автопоезда Otto на базе серийного тягача Volvo, который проехал почти 200 км с ценным грузом на борту. Концерн Daimler работает над созданием автономных грузовых автомобилей, которые способны под управлением автопилота самостоятельно передвигаться по дорогам. Настал тот момент, когда разработчики решились отправить несколько таких грузовиков в их первое продолжительное путешествие из немецкого Штутгарта в голландский Роттердам. Передвигаться три автономных автопоезда будут по общественным дорогам, при этом они будут обмениваться друг с другом полезной информацией при помощи Wi-Fi. Беспилотными автомобилями в наше время уже никого не удивишь, а вот огромные грузовики, которые способны без вмешательства водителя нестись по ночному шоссе – зрелище очень необычное. Компания Freightliner, принадлежащая концерну Daimler, продемонстрировала всему миру свою новую разработку – частично автономный грузовик Inspiration.

Новое видение будущей мобильности представлено [12] японской фирмой Nissan в виде концепт-кара IDS, в котором реализован интеллектуальный принцип Nissan Intelligent Driving (вождения без участия водителя). Это легковой автомобиль-седан с наклонной задней частью кузова, удлинённой колёсной базой, обеспечивающей размещение четырёх взрослых, и трансформируемым салоном. В режиме автоматического вождения рулевое колесо смещается в середину приборной панели и выдвигается большой плоский дисплей.

Консорциум фирм DAF, MAN, Mercedes-Benz, Scania, Iveco и Volvo провёл [13] демон-

страционный пробег по странам Западной Европы специального автопоезда EU Truck Platooning Challenge с автоматизированным рулевым управлением при следовании колонны за впереди идущим грузовым автомобилем. В функции автономного управления при автоматическом разгоне и торможении задействованы возможности электронной аппаратуры Wifi и GPS, датчики, радары и видеокамеры, поддерживающие расстояние между лидером и следующими автопоездами в 10 м при скорости движения до 80 км/ч.

Но не все так просто на пути автоматизации КТС. Особенно велики [14] вычислительные проблемы оптимизации эвристического управления траекторией движения беспилотного КТС. Кроме того, необходима их так называемая социальная адаптация. Передовые технологии управления в разной степени автоматизированных КТС – от пилотируемых до беспилотных роботов-автоматов с использованием электронных систем активной безопасности и коммуникации требуют изменения как поведения по самой природе своей ограниченного по когнитивным способностям водителя, так и концепции выбора траектории движения самых разных типов КТС, в ручном или автоматическом режимах управления движущихся по дороге общего пользования в одном общем транспортном потоке. Чтобы максимизировать выгоды от использования этих инновационных технологий управления движением и обеспечивать высокий уровень его безопасности необходимо контролировать траектории перемещения не только каждого из пилотируемых и беспилотных

Участники пробега EU Truck Platooning Challeng

КТС, но и координировать весь транспортный поток в целом. Во второй части исследования этой проблемы сотрудниками транспортно-технологической компании Leidos, университетов шт. Вирджиния, шт. Южная Флорида и Исследовательского центра Федеральной администрации автомобильных дорог (США) рассматривается целостная система оптимизации траекторий движения КТС в общем потоке, обеспечивающая эффективную мобильность, минимизацию нагрузки на окружающую среду и безопасность на основе использования эвристического алгоритма с учётом реальных ограничений. По результатам теоретического анализа вычислительной сложности и оптимальности мобильности эвристического алгоритма управления и проверки вычислительной производительности и качества решений по нему разработан модифицированный численный алгоритм. Он основан на субинтеграции эвристического алгоритма с алгоритмом одновременной оптимизации времени прохождения маршрута, безопасности дорожного движения и потребления топлива КТС в плотных и интенсивных потоках, контролируемых на светосигнальных перекрёстках. Численные примеры имитационного моделирования управлением движением по инновационному алгоритму управления траекториями движения разнотипного подвижного состава автомобильного транспорта показывают его вычислительные преимущества и превосходство над другими. Оно состоит в повышенной точности и оперативности выбора траектории движения даже с учётом накладываемых ограничений человеческого фактора во всех измерениях для всех экспериментальных сценариев. Отмечается высокий потенциал подходов управления движением по трансформационной траектории в приложениях для транспорта. Он позволяет заложить прочный теоретический и алгоритмический фундамент для разработки целостных системных стратегий совместного управления пилотируемыми и беспилотными КТС с электронными системами активной безопасности и коммуникации на общей дорожной сети, оснащённой современной инфраструктурой.

В комплексе решаемых в тренде развития автоматизированного и полностью автоматического управления КТС задач не последнее место занимает аспект эври-

стического управления траекторией движения такого, в перспективе, полностью автономного беспилотного КТС. Оптимизация проблемы маршрутизации таких оснащённых автоматическими электронными системами активной безопасности КТС на дорогах общего пользования разветвлённой дорожно-транспортной сети региона и мегаполиса сотрудниками Корнелльского университета (шт. Нью-Йорк, США), например, рассматривается [15] как проблема согласованного управления траекториями их движения. Она очень сложна, поскольку каждое КТС обладает множеством степеней свободы перемещений, а траектории соседних участников дорожного движения описываются сложными моделями взаимодействия в транспортных потоках. В связи с этим на основе концепции взаимодействия клеточных автоматов разработан эвристический алгоритм минимаршрутизации. Он позволяет строить траектории движения, главным образом, беспилотного КТС на сегменте инфраструктурно обустроенной дорожной сети с граничными временными условиями его перемещения и механическими ограничениям по критериям безопасности. Этот алгоритм разбивает всю траекторию движения каждого КТС на несколько участков, каждый из которых оптимизируется по соответствующей аналитической модели, что трансформирует сложную исходную задачу управления жёсткой траекторией на простые составные эвристики. Для углублённого изучения параметров оптимизации этого инновационного алгоритма управления траекторией движения беспилотника использован аппарат теории временной географии, учитывающий динамику конечных ускорений. В этой обобщённой теории установлено, что в мягких условиях с некритичными интенсивностями и плотностями транспортных потоков подобные алгоритмы всегда дают приемлемые решения исходной задачи комплексного управления траекториями движения. Кроме того, обнаружено, что эвристическое решение является обобщением решения классической кинематической теории волн путём включения конечных ускорений. Определены теоретические границы разности эвристического решения ускорения и кинематической волны. Результаты численных экспериментов свидетельствуют о потенциале инновационного управления траекторией движения беспилотными КТС на дорогах общего пользования, перемещающимися в одном потоке с пилотируемыми автомобильными КТС без создания дополнительной угрозы столкновений.

Связанный с экологической электрификацией привода КТС и автономным беспилотным управлением им роботизированным комплексом электронных устройств активной и пассивной безопасности, объединённых под началом искусственного интеллекта, лишённого недостатков субъективной когнитивности несовершенного по оперативности восприятия внешних угроз в интенсивных и плотных транспортных потоках человека за рулём технический прогресс уже стал естественным и понятным процессом. В этом направлении заметны значительные успехи, поддерживаемые интеграцией технологий и реализацией инноваций, способствующих формированию уже осязаемых образцов подвижного состава будущего.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Elektromobilitätsgipfel** – wie ist die Million Elektro_Autos zu schaffen?// Galvanotechnik. 2017. 108, № 7. С. 1420–1421.

2. **White L.V., Sintov N.D.** Yon Are What You Drive Tnvironmentalist and Social Innovator Symbolism Drives Electric Vehicle Adoption Intentions // Transp. Res. A. [Электронный ресурс]. 2017. 99. С. 94–113.

3. **Modellregionen** E-Mobilität: Österreich EU-Spitze // Umweltschutz. 2017, № 3. 26 с.

4. **Winter B.** eTruck ab Ende 2017 auf den heimischen Stra?en // Umweltschutz. 2017, № 3. С. 24–25.

5. **Li M., Jia Y., Shen Z., He F.** Improving the Electrification Rate of the Vehicle Miles Traveled in Beijing: A Data-Driven Approach// Transp. Res. A. [Электронный ресурс]. 2017. 97. С. 106–120.

6. **Elektrifizierung** von Antrieb und Fahrzeug // ATZ extra. 2017, Прил. 7 Jahrz. Automot. Innov. Schaeffler. С. 74–83.

7. **Beinkämpen S., Pajak C.** Chancen in elektrifizierten Antrieb. Neue Positionierungs-Chancen fur die Zulieferindustrie in der Wertschopfungskette der Automobilindustrie // ATZ extra. 2017, Aug., прил. IAA 2017. С. 16–18.

8. **Siekemeier R.** Sion goes Solar // Sonne Wind und Warme. 2017. 41, № 9. С. 110–112.

9. **Wawzyniak M., Art L., Jung M., Ahmed F.B.** Thermomanagement als Grundvoraussetzung für die elektrische Mobilität // ATZ: Automobiltechn. Z. 2017. 119, № 9. С. 52–57.

10. **Continental** testet das vernetzte Fahrzeug // Frachtdieenst (Электронный ресурс). 2015. 70. 17 с.

11. **Tascarella P.** Uber debuts self-driving cars in Pittsburgh, customers including Mayor Bill Peduto taking the first trips on Wednesday morning – Pittsburgh Business Times, Pittsburgh Business Times (14 September 2016).

12. **Visionen** kunftiger Mobilitat // ATZ: Automobiltechnische Zeitschrift, 2016, Т. 118, № 1. 32 с.

13. **Truck** OEMs celebrate success of European platoon challenge // Transport Engineer, 2016, May. 6 с.

14. **Ma J., Li X., Zhao F., Hu J., Park B.B.** Parsimomous Shooting Heuristic for Trajectory Design of Connected Automated Traffic. Part II: Computational Issues and Optimization // Transp. Res. B. [Электронный ресурс]. 2017. 95. С. 421–441.

15. **Zhou F., Li X., Ma J.** Parsimomous Shooting Heuristic for Trajectory Design of Connected Automated Traffic. Part I: Theoretical Analysis With Generalized Time Geography // Transp. Res. B. [Электронный ресурс]. 2017. 95. С. 394–420.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНДЕНСАТА-РАСТВОРИТЕЛЯ, ПОЛУЧАЕМОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СПГ НА ГРС

М.С. Лебедев, Д.О. Быков, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

При производстве СПГ на ГРС получено несколько образцов конденсата, отделённого от потока газа с давлением 3–3,5 МПа и температурой 220–230 К и доведённого до условий окружающей среды. Образцы были отобраны в разные сезоны года, определены их компонентные составы, а также диапазоны изменения концентраций компонентов при изменении времени года. Также проведено несколько экспериментов по определению растворяющих свойств вещества, результаты которых позволяют сделать вывод о целесообразности использования исследуемого конденсата в качестве растворителя турбинного масла и промывки теплообменных аппаратов.

Ключевые слова: *сжиженный природный газ (СПГ); турбодетандер; углеводороды; газораспределительная станция (ГРС); очистка.*

INVESTIGATION OF CONDENSATE-SOLVENT PROPERTIES OBTAINED IN LNG PRODUCTION LNG AT GDS

Lebedev M.S., Bykov D.O., Ural Federal University named after B. N. Yeltzin, Ekaterinburg City

There were obtained several samples of condensate separated from the gas stream with a pressure of 3 to 3.5 MPa and a temperature of 220 to 230 K and brought to ambient conditions while the LNG production at GDS. The samples were selected in different seasons, their component compositions were determined, as well as the ranges of the component concentrations when the season changed. Several experiments have also been conducted to determine the dissolving properties of the substance, the results of which allow to conclude that it is expedient to use the investigated condensate as a solvent for turbine oil and wash heat exchangers.

Keywords: *liquefied natural gas (LNG); turboexpander; hydrocarbons; gas distribution station (GDS); purification.*

В работе [1] описан процесс очистки технологического потока газа, поступающего на турбодетандер, при производстве СПГ на ГРС. Конденсат, образующийся при охлаждении технологического потока газа и доведённый до условий окружающей среды, обладает свойствами растворителя масел.

В процессе производства было отобрано три пробы данного вещества в разный период времени: в октябре, в январе, в марте. Определение компонентного состава образцов проводилось методом хроматографического анализа в лаборатории Центра коллективного пользования Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Результаты анализа представлены в таблице.

Компонентный состав образцов в различные сезоны года

Компонент	Концентрация, %		
	Октябрь	Январь	Март
Пропан	0,42	0,35	0,38
Бутаны	4,94	2,48	2,63
Пентаны	11,63	11,44	10,06
Гексаны	18,7	16,98	17,66
Гептаны	12,05	14,8	13,84
Октаны	4,84	5,17	6,66
Нонаны	0,99	1,34	3,88
Деканы	0,61	0,82	0
Циклопентаны	14,49	12,82	10,58
Циклогексаны	25,17	23,53	24,45
Ароматические углеводороды	2,22	3,41	2,11
Бициклические углеводороды	2,42	3,77	3,29
Другие (эфиры, адамантаны)	1,52	2,09	3,53

В результате провед`нного анализа разработана патентная заявка на новое вещество, концентрации компонентов которого могут меняться в следующих диапазонах: пропан 0–0,5 %, бутаны 2–5 %, пентаны 8–12 %, гексаны 14–18 %, гептаны 12–14 %, октаны 4–7 %, нонаны 0–4 %, деканы 0–2 %, циклопентаны 10–15 %, циклогексаны 23–28 %, ароматические углеводороды 2–4 %, бициклические углеводороды 2–4 %, другие (эфиры, адамантаны) 1–4 %.

Известно, что подобная смесь (пентано-гексановая фракция) широко применяется в качестве средства для обезжиривания поверхностей, свойства аналога которого регламентированы документом "Эфир петролейный ТУ 6-02-1244-83" [2]. Согласно данному документу пентано-гексановая фракция (по-другому – петролейный эфир) может

применяться как растворитель жиров, масел, смол и т.д.

Для определения эффективности обезжиривания поверхности исследуемым веществом от масла, а также его свойств, проведено несколько экспериментов.

Эксперимент 1

На плоскую железную некрашеную поверхность в двух раздельных местах равномерно нанесено турбинное масло типа ТП-22С (применяется в маслосистеме турбодетандера на комплексе) толщиной слоя меньше 1 мм (рис. 1).

Эксперимент проводился методом многократного протирания обоих пятен при температуре окружающей среды –15 °С в течение одной минуты: первое – сухой ветошью, второе – ветошью, смоченной в исследуемом веществе с дальнейшим сравнением результатов методом протирания сухой бумажной салфеткой обоих пятен и визуального определения наличия на ней масляных пятен. В результате определено, что на части поверхности № 2, протираемой смоченной ветошью, масляная пленка в полной мере удалилась, о чём говорит отсутствие масляных пятен

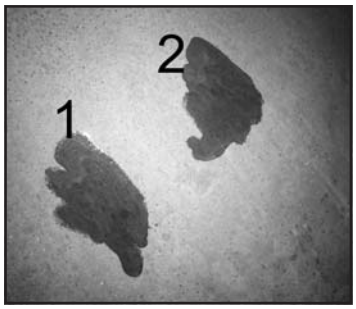


Рис. 1. *Рассматриваемые места на поверхности с масляной плёнкой*

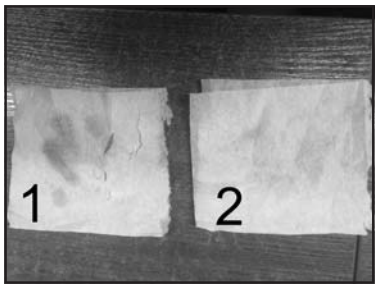


Рис. 2. *Контрольные салфетки*

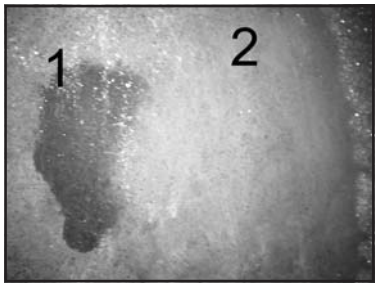


Рис. 3. *Поверхности после высыхания*

на салфетке (рис. 2). На части поверхности № 1 масляные пятна удалились менее эффективно, поскольку на салфетке имелось значительное количество масляных пятен. Кроме того, через 12 ч (после высыхания) на второй части поверхности визуально не было обнаружено масла, чего нельзя сказать о первой части поверхности (рис. 3). Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что исследуемая смесь удаляет масло с металлической поверхности с эффективностью до 100 %.

Эксперимент 2

Задачей данного эксперимента является определение растворимости турбинного масла ТП-22С в рассматриваемом веществе при различных условиях. Для эксперимента использовано 5 мерных стаканов вместимостью по 100 мл. В стаканы налиты масло и рассматриваемый растворитель различными способами с различными процентными концентрациями.

Рассматриваемое процентное содержание масла и растворителя в стаканах:

образец № 1: 10 % масла и 90 % растворителя;

образец № 2: 30 % масла и 70 % растворителя;

образец № 3: 50 % масла и 50 % растворителя;

образец № 4: 70 % масла и 30 % растворителя;

образец № 5: 90 % масла и 10 % растворителя.

Эксперимент 2.1

В стаканы в заданных концентрациях сперва наливалось масло, затем растворитель без дальнейшего перемешивания при температуре окружающей среды +25 °С. Результат фиксировался визуальным определением границы между двумя веществами спустя 15 мин, 1 ч, 24 ч. Результаты представлены на фотографиях (рис. 4).

На фотографиях видно, что в образцах № 1–3 отсутствует граница между веществами, жидкость однородна. В образце № 4 наблюдается "расплывчатая" граница между веществами, которая спустя сутки исчезает, и жидкость становится однородной. В образце № 5 спустя 1 ч просматривается чёткая граница между маслом и растворителем, однако спустя 24 ч она становится практически незаметной. Следует заметить, что во всех образцах через 24 ч выдержки наблюдается снижение уровня жидкости в стакане, при этом чем выше концентрация растворителя, тем больше жидкости испарилось: в образце № 1 – 40 % испарилось, № 2 –

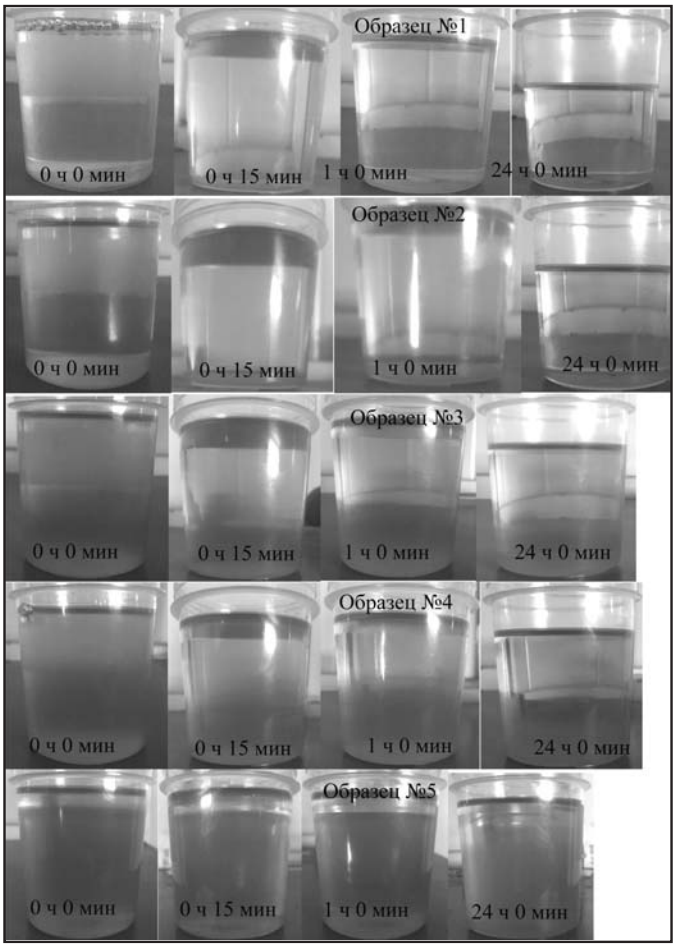


Рис. 4. *Образцы растворителя с маслом с течением времени*

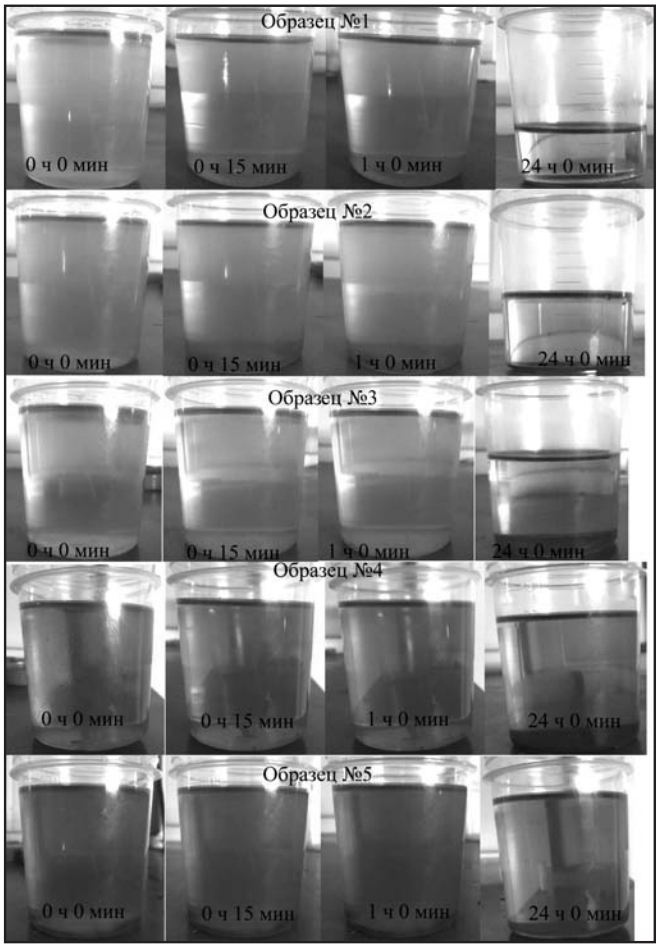


Рис. 5. *Образцы растворителя с маслом с течением времени*

35 %, № 3 – 25 %, № 4 – 20 %, № 5 – 5 %.

Эксперимент 2.2

В стаканы в заданных концентрациях сначала наливался растворитель, затем масло (естественный процесс перемешивания за счёт более высокой плотности масла) при температуре окружающей среды +25 °С. Результат фиксировался визуальным определением границы между двумя веществами спустя 15 мин, 1 ч, 24 ч. Результаты представлены на фотографиях (рис. 5).

Таким образом, при условии перемешивания компонентов и выдержки при температуре +25 °С во всех образцах наблюдается однородность жидкости, т. е. молекулы растворителя прочно связываются с молекулами масла на длительное время, при этом объёмы растворов заметно снижаются: в образце № 1 – 70 % испарилось, № 2 – 60 %, № 3 – 50 %, № 4 – 20 %, № 5 – 10 %.

Эксперимент 2.3

В стаканы в заданных концентрациях сперва наливался растворитель, затем масло (естественный процесс перемешивания за счет более высокой плотности масла) при температуре окружающей среды –10– –20 °С. Результат фиксировался визуальным определением границы между двумя веществами спустя 15 мин, 1 ч, 24 ч. Результаты представлены на фотографиях (рис. 6).

Как и в предыдущем эксперименте, во всех образцах в течение длительной выдержки не наблюдается разделения веществ, жидкость однородна при отрицательных температурах окружающей среды, во всех образцах за 24 ч испарилось менее 5 %.

Эксперимент 2.4

В стаканы в заданных концентрациях сначала наливалось масло, затем растворитель без дальнейшего перемешивания при температуре окружающей среды –10– –20 °С. Результат фиксировался визуальным определением

Рис. 6. *Образцы растворителя с маслом с течением времени*

Рис. 7. *Образцы растворителя с маслом с течением времени*

границы между двумя веществами спустя 15 мин, 1 ч, 24 ч. Результаты представлены на фотографиях (рис. 7).

Результаты схожи с результатами эксперимента 2.1 и 2.3: в образцах № 1–3 отсутствует граница между веществами, жидкость однородна. В образцах № 4 и № 5 наблюдается "расплывчатая" граница между веществами, которая спустя сутки исчезает, и жидкость становится однородной. Следует заметить, что во всех образцах через 24 ч выдержки испарилось не более 5 %.

Анализ результатов эксперимента 2

Проанализировав результаты проведённых работ по определению растворимости турбинного масла в исследуемом растворителе, можно сделать следующие выводы:

1) растворимость масла в данном веществе увеличивается при увеличении температуры окружающей среды;

2) чем лучше размешан раствор, тем более прочные связи образуют молекулы растворителя с молекулами масла, что увеличивает эффективность обезжиривания;

3) чем выше концентрация растворителя, тем быстрее происходит связывание молекул. При использовании растворителя для обезжиривания в промышленных целях рекомендуется наносить растворитель на промасленную поверхность в количестве, равном (1:1) или больше количества масла на поверхности;

4) чем выше температура окружающей среды, тем выше интенсивность испарения раствора.

Таким образом, для наиболее быстрого и эффективного обезжиривания поверхностей рекомендуется использовать растворитель по отношению к маслу в количестве 9:1 при температуре выше 20 °С при тщательном смешивании веществ (длительном протирании), скорость испарения зависит от площади испарения. Однако не исключены другие варианты концентрации растворителя и температуры использования.

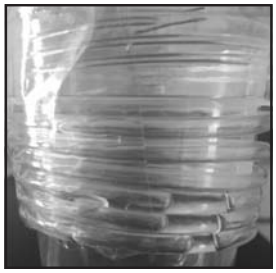


Рис. 8. Промасленная изнутри трубка соломенного оттенка

Рис. 9. Трубка сразу после промывки растворителем

Рис. 10. Трубка после промывки растворителем спустя 1 ч

Рис. 11. Промасленная изнутри медная трубка

Рис. 12. Промытая растворителем изнутри медная трубка

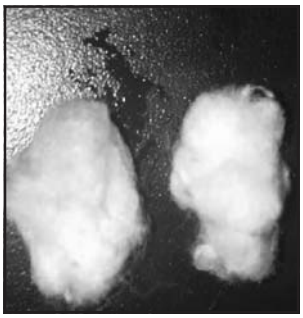


Рис. 13. Два образца ваты, протянутые через промасленную трубку и трубку, промытую растворителем

Эксперимент 3

Данный эксперимент проведен в целях определения эффективности обезжиривания рассматриваемым растворителем внутренней поверхности медной трубки от масла ТП-22С. Эксперименты проводились при комнатной температуре 20–25 °С.

Для визуального фиксирования результатов сначала эксперимент проводился в прозрачной гибкой медицинской трубке диаметром 3 мм. Изначально через трубку было прокачано масло из медицинского шприца (20 мл) (рис. 8), при этом наблюдался соломенный оттенок внутри трубки. После этого через трубку был прокачен рассматриваемый растворитель (20 мл) с таким же напором (равномерное сжатие поршня шприца в течение 10 с) (рис. 9). После выдержки трубки в течение часа результат был зафиксирован (рис. 10).

Как видно из фотографий, после часовой выдержки визуально не наблюдается наличие масла внутри трубок.

Далее проведён подобный эксперимент с медной трубкой диаметром 7 мм. После прокачки трубки маслом (20 мл) через неё протянут образец ваты для визуального фиксирования того, что трубка промаслена, затем снова прокачено масло (20 мл) (рис. 11). После этого трубка была промыта рассматриваемым веществом (20 мл) и выдержана в течение 5 мин (рис. 12), после чего через неё повторно протянут образец ваты (рис. 13), на котором не обнаружено следов масла.

Исходя из проделанного опыта, можно утверждать, что рассматриваемый растворитель удаляет масляную плёнку с медной трубки с эффективностью до 100 %. Таким образом, имеет смысл промывка внутритрубного пространства предварительного теплообменного аппарата на комплексе СПГ в целях удаления масляной пленки.

Эксперимент 4

Известно, что после наладки работы маслосистемы турбодетандерного агрегата в трубном пространстве теплообменного аппарата имеется налёт из полимеризованного масла в результате его сильного уноса и последующего нагрева без доступа кислорода, поэтому необходимо определить, как полимеризованное масло отреагирует на исследуемый растворитель.

В опыте используется образец полимеризованного масла размером 53×6×1 мм. Он помещён в прозрачный сосуд с растворителем в объёме 1 л и выдержан в течение 24 ч.

Результат показал, что после 24 ч выдержки размеры образца не изменились. Таким образом, можно исключить возможность набухания и изменения размера образца полимеризованного масла, что позволит промывать теплообменный аппарат исследуемым растворителем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лебедев М.С., Быков Д.О.** Исследование процесса очистки газа на входе в турбодетандер на комплексе СПГ на ГРС и рациональной утилизации отделяемых компонентов // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2018, № 4.

2. **ТУ 6-02-1244-83.** Эфир петролейный. Технические условия. – Введ. 1983–01–26.

Международный салон Urban Transport-2017

А.С. Савченко

Международный салон инноваций Urban Transport – глобальное мероприятие в сфере общественного транспорта в России и СНГ. Он проходил с 22 по 24 ноября 2017 года в 75-м павильоне ВДНХ. Один из стратегических партнёров салона – ГУП "Мосгортранс".

Первый день Urban Transport стартовал с пленарной дискуссии "Общественный транспорт 2.0. Больше чем способ передвижения", посвящённой вызовам, стоящим перед транспортной системой в масштабе регионов и целой страны. Модератором дискуссии выступил Александр Поляков, директор ГУП "МосгортрансНИИпроект".

Продолжила деловую программу Urban Transport единая презентация проектов и достижений Транспортного комплекса Москвы в новом формате – TM Talks. TM Talks – это презентация транспортных проектов Москвы, организованная в формате TED.

Продолжила деловую программу салона дискуссия "Парк общественного транспорта. Способы "омоложения". Ключевыми темами на ней стали: промышленный дизайн и цифровые технологии, средства передвижения будущего, безопасность пассажиров при внедрении робототехнических решений и альтернативные источники энергии. Модератор дискуссии – Александр Ованесов, управляющий партнёр АО "Стратеджи Партнерс Групп".

Второй день Международного салона инноваций Urban Transport открыла дискуссия "Инфраструктура. Какие факторы влияют на мобильность населения", посвящённая распределению пассажиропотоков при реализации долгосрочных инфраструктурных проектов, влиянию транспортных хабов на городскую среду и трансформации парковочного пространства в агломерациях. Участниками дискуссии стали Кристиан Бёттгер, руководитель рабочей группы Ассоциации транспортных инженеров, Александр Егоров, начальник службы развития транспортно-пересадочных узлов ГУП "Московский метрополитен", Михаил Иванов, генеральный директор NTechLab, и Алексей Сафронов, ведущий советник управления госпрограмм и бюджетирования Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации. Алексей Сафронов в своём выступлении коснулся актуальной сейчас темы – новой железной дороги через Москву: "Сейчас у нас актуальная задача – это интеграция радиальных направлений железной дороги в единую транспортную систему города Москвы, чтобы сделать её удобной, безопасной и выгодной для пассажиров".

Первый день Urban Transport стартовал с пленарной дискуссии

На стенде "Московский транспорт" прошли мероприятия с участием руководства Министерства транспорта РФ, Департамента транспорта Москвы, ГУП "Московский метрополитен", ГУП "Мосгортранс" и других транспортных организаций и предприятий. Выступления с докладами были на такие темы, как: "Развитие таксомоторных перевозок", "Матрица корреспонденций как ключевой инструмент транспортного планирования", "Развитие передвижения грузового транспорта", "Оптимизация тарифного и билетного меню", "Развитие бесконтактных систем оплаты проезда на наземном городском пассажирском транспорте" и др.

Завершило деловую программу Urban Transport-2017 ежегодное собрание членов Международной ассоциации предприятий городского электрического транспорта. В работе собрания приняли участие 59 руководителей и специалистов городского электрического транспорта городов России, Белоруссии и Чехии. Ими было принято решение по созданию фермы для проведения технических осмотров трамваев и троллейбусов и план мероприятий на 2018 г., обсуждались текущие вопросы Ассоциации.

Городской 12-метровый автобус ЛИАЗ-529265

 ISSN 2073-8323

Электробус КАМАЗ Drive Electro второго поколения

Туристический лайнер Yutong ZK6122H9

На выставке, прошедшей в рамках салона инноваций Urban Transport, свои инновационные разработки представили 35 компаний из России и зарубежных стран. Так, "Группа ГАЗ" представила два городских автобуса – 9,5-метровый автобус ЛИАЗ-429260 Kursor и 12,4-метровый ЛИАЗ-529265.

Обе модели низкопольные дизельные, соответственно, на 63 (21 место для сидения и 1 место для инвалида-колясочника) и 85 мест (23 + 1).

У модели Kursor рулевая колонка (производства немецкой фирмы Continental) регулируется вместе с комбинацией приборов, что сохраняет оптимальную видимость приборов для водителя любого роста. Данную модель, кстати, оснащают отечественным четырёхцилиндровым дизелем ЯМЗ-53403 мощностью 210 л.с. экологического класса "Евро-5" и автоматическая КП ZF 6AP-1000B. Максимальная скорость (за счёт ограничителя) составляет от 65 до 85 км/ч. Кроме того, оба моста на Kursor также производства ZF: спереди RL-55EC с независимой пневматической подвеской и дисковыми тормозами с электронным управлением (EBS), сзади – портальный мост с пневматической подвеской также с дисковыми тормозами. Гидроусилитель RB Servocom 8095. Тормозная система оснащена кроме ABS также ASR. В системе вентиляции стоит 18-киловаттный кондиционер

Городской 12-метровый газовый автобус Yutong ZK6118

"Август-23БС-А18" с функцией приточной вентиляции, а в системе отопления – SPHEROS Thermo E-320.

Более крупный автобус ЛИАЗ-529265, составляющий на сегодня основу автобусного парка частных перевозчиков, работающих по муниципальным контрактам, также оснащается отечественным 6-цилиндровым дизелем ЯМЗ-53633 мощностью 276 л.с. и автоматической КП ZF 6AP-1400B. Максимальная скорость 85 км/ч. Схема подвески такая же, как и на Kursor, только мосты ZF других более грузоподъёмных моделей. Кондиционер также более мощный – 30-киловаттный "Август-23БС-Ф30".

Основной автобусный конкурент "Группы ГАЗ" – ПАО "КАМАЗ" показал электробус КАМАЗ Drive Electro второго поколения. Инновационный электробус обеспечивает снижение стоимости владения на 17 % за 7 лет в сравнении с автобусом с дизельным двигателем "Евро-6". Подзарядка накопителя энергии электробуса производится на конечной остановке маршрута и занимает всего от 6 до 20 мин.

Компания "Ютог-Центр Столица" показала один из новых флагманов своего междугородного флота – туристический лайнер Yutong ZK6122H9 на 53 места. Он оснащён климатической системой фирмы Spheros. Кстати, данный экземпляр автобуса находится в эксплуатации уже полгода.

Ещё одной моделью, правда, представленной уже столичной транспортной компанией Klavto, стал городской 12-метровый автобус Yutong ZK6118 на 90 пассажиров (30 мест), причём впервые среди частных перевозчиков в версии на газовом топливе. Фирма предлагает в аренду самые различные модели от микроавтобусов до больших лайнеров.

Компания CARiOT показала инновационное решение под ключ по краткосрочной аренде АТС. Социальная функция сервиса – разгрузить дороги, повысить уровень экологии за счёт отказа водителей от личного автотранспорта. Решение было разработано на базе инновационного центра "Сколково".

СТАРТ ПРОИЗВОДСТВА SKODA KODIAQ В РОССИИ

А.С. Суворов

Концерн Volkswagen объявил о старте производства модели Skoda Kodiaq на мощностях завода "Группы ГАЗ" в Нижнем Новгороде, что усилит позиции чешской марки на российском рынке, да и немецкого концерна в целом.

Значительная часть инвестиций концерном Volkswagen была вложена в проверку качества

"Старт производства модели Kodiaq на заводе в Нижнем Новгороде – важный шаг в реализации долгосрочной стратегии развития марки в России. Основной объём продаж марки в России приходится на локально произведённые модели, – отметил Михаэль Оэльеклаус, член совета директоров марки Skoda, ответственный за производство и логистику. – Локальное производство имеет неоспоримые преимущества – такие, как сокращение времени поставки автомобилей и возможность оперативного увеличения объёмов производства".

Маркус Озегович, генеральный директор Volkswagen Group Rus, отметил: "Старт локального производства Skoda Kodiaq в России является для нас большим событием, которое демонстрирует эффективность партнёрства Volkswagen и "Группы ГАЗ". Инвестиции в производство Kodiaq и специализированное обучение персонала в очередной раз подтвердили наши намерения по реализации долгосрочной стратегии концерна в России и стали ещё одним вкладом Volkswagen в развитие российской промышленности".

Подготовка к запуску проекта заняла всего 18 месяцев, а инвестиции в него составили 87,5 млн евро. В качестве производственной площадки были выбраны мощности "Группы ГАЗ", совместно с которой концерн Volkswagen уже реализовал несколько проектов: производство

В рамках подготовки запуска производства Kodiaq сотрудники завода проходили обучение в тренинговом центре при заводе в Нижнем Новгороде. Кроме того, к запуску проекта были привлечены зарубежные специалисты марки

по полному циклу моделей VW Jetta, Skoda Octavia, Skoda Yeti. В рамках подготовки запуска производства Kodiaq сотрудники завода проходили обучение на заводах Skoda Auto в Квасинах и Млада-Болеславе, а также в тренинговом центре при заводе в Нижнем Новгороде. Кроме того, к запуску проекта были привлечены зарубежные специалисты марки.

Д-р Оливер Грюнберг, технический директор Volkswagen Group Rus, прокомментировал: "Со стартом локального производства модели Kodiaq мы открываем новую страницу в истории развития марки Skoda в России. Инвестиции были направлены на подготовку производственной площадки и закупку нового оборудования. Значительная часть инвестиций была вложена в проверку качества. Все это позволит нам собирать автомобили, соответствующие самым высоким стандартам и требованиям концерна".

Skoda Kodiaq, первый семейный внедорожник в модельном ряду марки, обладает выразительным дизайном, рекордным внутренним пространством, функциональностью, современными информационно-развлекательными системами, а также многочисленными ассистентами помощи водителю. В число опций, традиционно доступных в моделях более высокого класса, входят фоновая подсветка салона, подогрев рулевого колеса, трехзонная климатическая система Climatronic, а также функция связи внутри автомобиля In-Car-Communication. Также впервые для Skoda к заказу будет доступен третий ряд сидений, который превращает Kodiaq в семиместный автомобиль.

Для Skoda Kodiaq локальной сборки будет доступен широкий выбор комплектаций, трансмиссий и двигателей, рабочий объём которых будет составлять 1,4 и 2 л, а мощность варьироваться от 125 до 180 л.с. Впервые на российском рынке Kodiaq, оснащённый двигателем 1.4 TSI, будет

предлагаться в сочетании как с передним, так и полным приводом.

Skoda Kodiaq будет производиться по методу полного цикла, в рамках которого на производственную площадку поступают готовые детали и компоненты автомобиля, которые на месте проходят процессы сварки, двойной грунтовки и покраски, а также антикоррозийной обработки горячим воском и фирменным составом концерна Volkswagen. После этого происходит окончательная сборка модели, предполагающая установку двигателя, коробки передач, вклейку стекол, монтаж сидений и ряд других операций.

Производство в Нижнем Новгороде было запущено в рамках партнёрства Volkswagen и "Группы ГАЗ". Компании начали сотрудничество в 2011 г., когда было подписано соглашение о контрактной сборке автомобилей Volkswagen и Skoda на Горьковском автомобильном заводе. В рамках этого проекта на предприятии были построены новые сборочный и кузовной цеха, модернизирован окрасочный цех, усовершенствованы логистическая система и система контроля качества, а также организовано производство компонентов для автомобилей Volkswagen и Skoda. Помимо Skoda Kodiaq, на заводе производятся модели Skoda Octavia и VW Jetta. В июне 2017 г. Volkswagen и "Группа ГАЗ" подписали соглашение о продлении контрактного производства легковых автомобилей.

Коммерческий транспорт: итоги и прогнозы

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

Рынок коммерческого транспорта в 2017 г. показал более высокий рост по сравнению с рынком легковых автомобилей. Так, по итогам прошлого года объём первичного рынка грузового автотранспорта составил 80,2 тыс. ед., прирост – 50 %, тогда как в 2016 г. этот показатель был на уровне 5 %. На вторичном рынке по итогам 2017 г. объём продаж остался на уровне прошлого года. Отдельные бренды росли быстрее рынка в 8–12 раз – объём продаж китайского Foton увеличился в 2017 г. на 600 %.

Рынок грузовых автомобилей показал в 2017 г. разнонаправленную динамику: объём продаж новых грузовиков вырос в 1,5 раза до 80,2 тыс. ед., тогда как спрос на вторичном рынке снизился на 1 %, составив 280 тыс. автомобилей.

В России средний возраст грузового парка – 19 лет, тогда как в Европе или США этот показатель не выше 5–7 лет. Изношенность ресурсов сказывается на рентабельности бизнеса – обслуживание новой техники в разы дешевле, чем техники с пробегом.

Лидером рынка как подержанных, так и новых грузовиков является КАМАЗ. Самыми востребованными новыми моделями в 2017 г. стали КАМАЗ-43118, Mercedes-Benz Actros и Газон Next. Основные марки-лидеры в сегменте LCV: ГАЗ, УАЗ, LADA, Mercedes-Benz, Ford. Более 25 % вторичных продаж грузовиков приходится на КАМАЗ, в прошлом году было реализовано 71,5 тыс. ед. (на 1% меньше, чем в 2016 г.), на втором месте ГАЗ с продажами в 27,7 тыс. машин (+1 %), на третьем месте – белорусский МАЗ (25,4 тыс. шт.; +0,5 %).

В сегменте мало- и среднетоннажных грузовиков в 2017 г. лидерами стали ГАЗ, Isuzu, КАМАЗ. В ближайшем будущем лидеров рынка могут потеснить китайские грузовики – в 2017 г. динамика роста продаж Foton в России составила 612 % (с 75 до 534 ед.), тогда как у одного из лидеров рынка Isuzu – 19 %. Бренд грузового транспорта Foton появился на российском рынке в 2016 г. и сразу показал уверенную динамику продаж. Успех марки объясняется эффектом низкой базы, но важным фактором роста популярности бренда стало сочетание "цена–качество".

Перспективы роста продаж мало- и среднетоннажных грузовиков в России в 2018 г. аналитики ГК "АвтоСпецЦентр" оценивают как положительные. Объективные причины этого – открытие производств на территории России. При поддержке правительства Московской области весной 2018 г. начнётся строительство завода Hino в регионе, что значительно увеличит конкурентоспособность бренда, так как позволит, с одной стороны, избежать ввозных пошлин и снизить себестоимость продукции, а с другой – претендовать на господдержку в виде индексации утилизационного сбора. Ранее по этому пути пошел японский автопроизводитель Fuso, открыв производство в Набережных Челнах, что позволило уже через год после этого увеличить продажи Fuso на 26 %.

КАМАЗ – лидер рынка грузовых автомобилей в России

Серийное производство грузовиков в России компания Hyundai запустила только в 2017 г.

Показал рост продаж в 2017 г. в России и южнокорейский автопроизводитель Hyundai. Правда, спрос увеличился всего на 1,7 % – в 2016 г. на территории РФ было реализовано 1431 ТС, в 2017 г. – 1455 грузовиков. Это связано с тем, что производство на территории Калининградской области компания Hyundai запустила только в 2017 г. По мере выхода предприятия на проектную мощность, выпуск грузовых автомобилей Hyundai вырастет.

Рост рынка коммерческих автомобилей обеспечивается за счёт увеличения корпоративных продаж. Устойчивый спрос на грузовой транспорт обусловлен необходимостью модернизации автопарков не только у субъектов малого и среднего предпринимательства, но и у крупных игроков, которые в 2017 г. стали драйверами роста рынка. Сегмент LCV вырос за счёт корпоративных продаж, стимулом к покупке послужили государственные программы поддержки спроса, в том числе адресные – "Своё дело", "Российский фермер".

В сегменте мало- и среднетоннажных грузовиков в 2017 г. лидером стал ГАЗ

Наиболее распространённая схема покупки коммерческого транспорта для представителей малого и среднего бизнеса – лизинг, на него приходится до 40 % продаж. При этом рост данного направления составил в 2017 г. 30 %. Доля продаж по trade-in – 15 % (замена старого автомобиля с доплатой на новый). К автокредитованию прибегают 10–12 % участников рынка, наименее популярная схема приобретения коммерческого транспорта – за счёт свободных средств компании без привлечения заемного финансирования или участия в госпрограмме. При покупке по схеме trade-in ГК "АвтоСпецЦентр" принимает к обмену не только грузовые, но и легковые автомобили с пробегом.

Первичный рынок коммерческого транспорта растёт в основном за счёт Москвы, Санкт-Петербурга и крупных логистических центров России, таких как Новосибирск, Екатеринбург, Ростов. В городах с населением до 500 тыс. чел. в общей структуре продаж на вторичный рынок коммерческого транспорта приходится до 70 %. Парк грузовых автомобилей России сегодня составляет более 3,7 млн шт., средняя цена реализации подержанного грузового автомобиля – 2,7 млн руб., при этом 2 млн транспортных средств эксплуатируются 15 лет и более. Наметившаяся несколько лет назад тенденция устаревания корпоративного транспорта делает рынок грузовых автомобилей перспективным сегментом, который способен стать драйвером роста всего сегмента коммерческого транспорта в стране.

Продолжение следует

 ISSN 2073-8323

90 ЛЕТ ПЕРВОМУ ГРУЗОВИКУ VOLVO

О.А. Васильченко

20 февраля 1928 г. первый полуторатонный грузовик Volvo LV40 (Serie 1 Typ A) вышел из ворот завода Люндбю в пригороде Гетеборга. Спрос на него оказался отменным, и вскоре рабочие предприятия собрали 500 автомобилей.

Годом ранее Густав Ларссон и Ассар Габриэльссон, при участии подшипникового гиганта SKF, основали предприятие под именем Volvo. Первый стал техническим директором, второй взял на себя функции управляющего директора компании.

К октябрю 1927 г., полгода спустя после старта производства легковых автомобилей Volvo модели OV4, партнёры принимают решение о подготовке к выпуску первого коммерческого полуторатонного автомобиля, впоследствии получившего название LV40. Грузовик оснащался четырёхцилиндровым двигателем мощностью 28 л.с. (21 кВт) и мог развивать до 50 км/ч. У него была деревянная кабина и два варианта колёсной базы в 3300 и 3700 мм.

20 февраля 1928 г. первая полуторка Volvo из будущей партии в 500 грузовиков вышла с конвейера завода в пригороде Гетеборга. 20 из них предназначались для экспорта в Финляндию.

В 1930-е появились серии капотных грузовиков Volvo LV66/68, LV70/78 и LV 81/86 с полезной нагрузкой от 2 до 7,5 т. В конце тридцатых на рынок вышли и более грузоподъёмные машины с моторами от 90 до 130 л.с., грузоподъёмность которых доходила до 10, а общая масса – до 15 т.

Обновление модельного ряда в 1940-е породило LV245, LV290, L1305, а также лёгкий развозной грузовик PV445.

После Второй мировой появился Volvo L395, получивший по сути имя нарицательное – Titan. Дизайн этой модели стал своеобразным прорывом в эстетике внешнего вида грузовиков. Следом последовали L375, L385, L360 и L365 и лёгкие бескапотные грузовички L420 Snabbe и L430 Trygge. В 1959 г. шведский инженер Нильс Болин изобрёл трёхточечный ремень безопасности, который с тех пор спас жизни более миллиона людей на дорогах мира.

1960-е ознаменовались экспансией Volvo на рынки Азии, Латинской Америки, США и, конечно же, Европы. В 1964 г. была показана модель L4851 Viking Tiptop с откидывающейся кабиной. Годом позднее открылся завод по производству двигателей в шведском городке Шёвде.

В 1970-х произошла эволюция и модернизация модельного ряда Volvo – от серий F85, F86, F88, F89 к F4, F7, F10 и F12. В последних двух моделях было применено революционное решение по отделению кабины от шасси, что привело к существенному снижению шума в кабине и вибрационной нагрузки на водителя. В 1979 г. Volvo F7 получил престижную премию "Грузовик года". Тогда же мир увидел на модели F12 высокую спальную кабину повышенной комфортабельности Globetrotter. На десятилетия вперед Volvo Trucks стала законодателем моды в области пространства для работы и отдыха водителя.

В 1980-е компания открывает собственный сборочный завод в бразильской Куритибе, чем усиливает присутствие на латиноамериканском и североамериканском рынках. В 1983 г. в результате выделения Volvo Truck Corporation в обособленное подразделение в концерне Volvo появляется бренд Volvo Trucks. На рынок вышла новая гамма Volvo FL, ставшая в 1984 г. "Грузовиком года". Три года спустя состоялась премьера самой мощной модели Volvo F16 с двигателем в 464 л.с. Обновляются и комплектуются новыми двигателями Volvo F10 и F12.

1990-е ознаменовали собой технический прорыв и появление модельного ряда с привычными до сегодняшнего дня аббревиату-

Первый грузовик Volvo LV40

рами Volvo FH и FM. Четверть века назад, в 1993 г., мир впервые увидел новую серию Volvo FH12 и FH16. Последняя стала прообразом современных моделей и задала очередную высокую планку водительского комфорта и эффективности в сегменте магистральных грузовиков. Год спустя премия "Грузовик года" стала заслуженной наградой для будущего бестселлера модельного ряда Volvo Trucks.

В 1995 г. появилась сверхвысокая модификация кабины Globetrotter XL. В это же время компания начинает уделять повышенное внимание вопросам экологии. Появляется первый прототип ECT – Environmental Concept Truck и линейка новых, более экономичных и экологически чистых двигателей для тяжёлой гаммы Volvo. Внедряется собственная транспортно-информационная система Dynafleet.

Volvo Trucks продолжает последовательные обновления модельного ряда Volvo FH и Volvo FM, попутно собирая престижные награды "Грузовик года" за Volvo FH12. В 2001 г. представлена автоматизированная КП Volvo

Четырёхцилиндровый двигатель мощностью 28 л.с. (21 кВт)

I-Shift, которая позволила облегчить труд водителя и снизить расход топлива. В середине десятилетия на рынке появляется совершенно новая гамма Volvo FL и Volvo FE.

В 2007 г. прошла презентация семи грузовых автомобилей Volvo на семи различных альтернативных видах топлива, включая газодизель, диметилэфирный дизель и параллельный гибрид. Компания тем самым декларирует приверженность переходу на экологичные виды топлива в долгосрочной перспективе.

5 сентября 2012 г. мир увидел новую серию Volvo FH, заслуженно ставшую год спустя "Грузовиком года". Никогда прежде в одной модели не было представлено столько технических новшеств. Полгода спустя вышли обновлённые Volvo FM, Volvo FMX, Volvo FE и Volvo FL. Внедряются передовые инженерные решения: предиктивная система Volvo I-See, АКП I-Shift пятого поколения, механизм подъёма задней оси в двухосной тележке Tandem Axle Lift, система динамического рулевого управления VDS и многое другое. С середины десятилетия начинаются опытные испытания автономных мусоровозов и самосвалов Volvo. С 2018 г. в серию выходят газовые грузовые автомобили Volvo FH LNG и Volvo FM LNG. А через год ожидается появление гаммы развозных грузовиков Volvo Trucks на электротяге.

Сегодня Volvo Trucks является самым прибыльным подразделением концерна Volvo Group, представленным в 140 странах. В основе деятельности Volvo по-прежнему лежат три "кита", три ключевые ценности, которые были заложены основателями компании Густавом Ларссоном и Ассаром Габриэльссоном. Это качество, безопасность и забота об окружающей среде.

"Газпром" расширил газозаправочную сеть Краснодарского края до 14 станций

В начале февраля 2018 г. в Краснодарском крае состоялись торжественные мероприятия, посвящённые началу работы двух автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) "Газпрома" – в городах Белореченск и Тимашевск.

Производительность новой АГНКС в Белореченске составляет 8,9 млн м^3 природного газа в год, что позволит ежедневно заправлять до 500 автомобилей. Производительность станции в Тимашевске – 6,7 млн м^3 газа в год. Она сможет ежедневно обслуживать около 400 ед. техники. При строительстве новых станций использовано оборудование преимущественно российского производства. Основными потребителями газомоторного топлива – EcoGas – станут коммунальная техника, грузовой и легковой транспорт.

С вводом в эксплуатацию новых объектов газозаправочная сеть в регионе увеличена до 14 станций (принадлежат "Газпрому"). Их суммарная ежегодная проектная производительность составляет 121,2 млн м^3. Этого достаточно для заправки порядка 8 тыс. автомобилей ежедневно.

"Газпром" активно расширяет в России газозаправочную инфраструктуру, формирует межрегиональные газомоторные коридоры. "В текущем году мы планируем построить 35 новых и реконструировать четыре станции. Открытие новых современных АГНКС в Тимашевске и Белореченске – часть этой последова-

 ISSN 2073-8323

В центре – Губернатор Краснодарского края Вениамин Кондратьев и председатель Совета директоров ПАО "Газпром" Виктор Зубков

тельной работы. Между Ростовской областью, Краснодарским и Ставропольским краями мы создаём важный транзитный газомоторный маршрут. С каждым годом видим здесь всё больший интерес к экологичному и экономичному топливу. Средняя загрузка станций "Газпрома" в Краснодарском крае в полтора раза выше, чем в среднем по стране. Поэтому наша работа будет продолжена, в ближайшие несколько лет мы планируем открыть в регионе ещё три новые станции", — сказал Виктор Зубков.

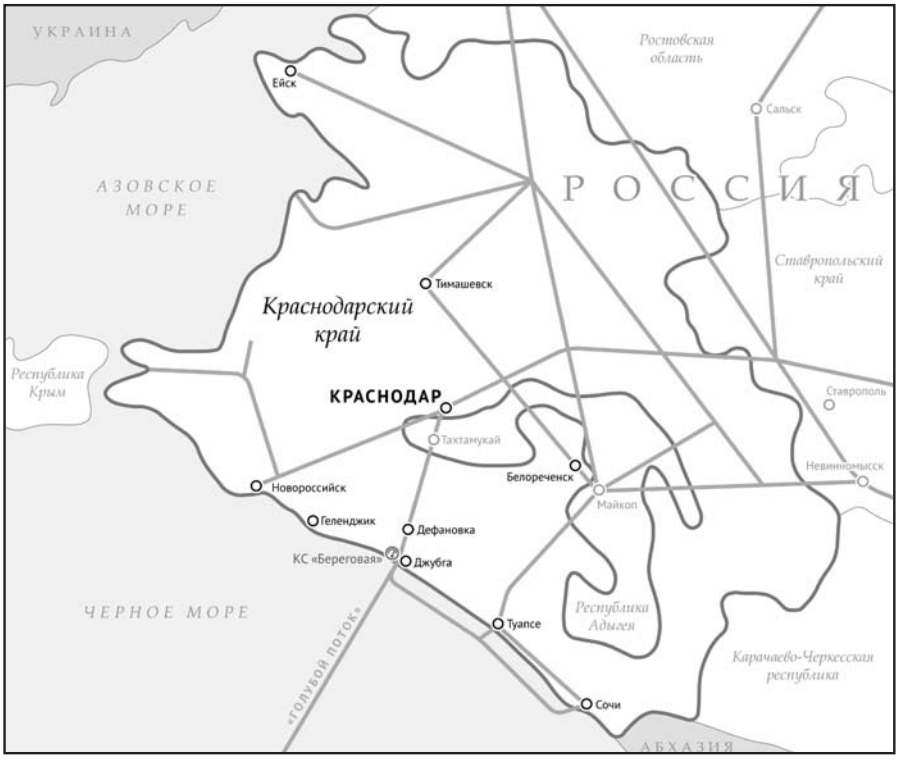


Схема магистральных газопроводов в Краснодарском крае

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

Между ПАО "Газпром", ООО "Газпром газомоторное топливо" и Администрацией Краснодарского края подписано Соглашение о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива. Документ направлен на подготовку и реализацию в Краснодарском крае инвестиционных проектов по строительству газомоторной инфраструктуры, а также на увеличение городского парка техники на природном газе.

АГНКС "Газпрома" в Краснодарском крае расположены в городах Краснодар (две станции), Армавир, Белореченск, Ейск, Кореновск, Кропоткин, Крымск, Тимашевск, Тихорецк, Усть-Лабинск, станицах Кущевская и Каневская, в поселке Лазаревское. Кроме того, газозаправочная сеть включает два передвижных автомобильных газовых заправщика.

В 2017 г. средняя загрузка АГНКС "Газпрома" в Краснодарском крае составила 42 % (общероссийский показатель – 28 %).

BMW Group выбирает Stralis NP

Немецкий производитель автомобилей BMW Group завершил пилотный проект в сотрудничестве с компанией IVECO по испытанию грузовиков, работающих на сжиженном природном газе (СПГ), для осуществления своих логистических операций. В тесте принимал участие IVECO Stralis NP, предназначенный для перевозки грузов на дальние расстояния.

Ведущие международные компании всё чаще обращаются к сжиженному природному газу (СПГ), чтобы уменьшить вредное экологическое воздействие от своей деятельности без каких-либо компромиссов в плане топливной и экономической эффективности.

Компания IVECO на протяжении двух десятилетий является первопроходцем в области газовых технологий, считая их зрелым, разумным и жизнеспособным решением для устойчивого транспорта. В результате она стала единственным производителем, предлагающим полный спектр моделей Natural Power и единственный работающий на газе дальнемагистральный грузовик – Stralis NP.

Компания IVECO реализовала пилотный проект в сотрудничестве с компанией BMW Group по тестированию грузовика, работающего на сжиженном природном газе, для решения ряда логистических задач немецкого автопроизводителя. В испытаниях принял участие IVECO Stralis NP, первый газовый грузовик, предназначенный для перевозки грузов на дальние расстояния. В настоящее время компания IVECO запустила новую модельную линейку – Stralis NP 460, в котором установлена роботизированная коробка передач последнего поколения, спроектированная для самых сложных поездок на дальние расстояния. Данная модель уже успела завоевать награду "Грузовой автомобиль с самым низким уровнем выбросов" в Великобритании. Автомобиль, доступный в версии низкорамного тягача, идеально подходит для перевозки тяжелых грузов на дальние расстояния.

Тест показал, что грузовик IVECO Stralis NP 400, работающий на СПГ, смог легко проехать на одном баке расстояние в 530 км между городами Штайр и Регенсбург. Стоит сказать, что СПГ – альтернативное топливо, обеспечивающее самый большой запас хода в сфере перевозки тяжелых грузов: например, чтобы проехать расстояние в 530 км в оба конца на электрической тяге, потребуется несколько раз зарядить батарею.

Томас Ирренхаузер, принявший участие в испытаниях от лица BMW в рамках проекта "Инновации и индустрия 4.0", считает, что в долгосрочной перспективе сжиженный природный газ является "разумной, экологически чистой альтернативой традиционному дизельному двигателю". В прямом сравнении выбросы оксидов азота газового двигателя на 60 % ниже, тогда как уровень его шума в процессе эксплуатации на 50 % меньше дизельного аналога. Выбросы твёрдых частиц также незначительны.

Пьер Лаутт, глава IVECO, прокомментировал сотрудничество компаний: "Мы очень гордимся тем, что компания BMW разделяет наше видение будущего отрасли, в которой природный газ станет следующим важным этапом на пути к устойчивому развитию. Мы можем наблюдать, как все больше международных производителей и логистических операторов выбирают СПГ для своих транспортных операций. Многие из них отдают предпочтение продукции IVECO для перевода своих парков на СПГ с учётом опыта, накопленного нами за последние 20 лет".

Логистические компании всё больше внимания уделяют природному газу, который рассматривается как решение для снижения экологического воздействия и выполнения всё более жёстких экологических норм, позволяющее при этом эффективно управлять ресурсами. Компания IVECO первой оценила потенциал природного газа в сфере коммерческого транспорта: с помощью СПГ возможно сократить издержки на топливо на 20–40 % и снизить расход топлива на 15 % по сравнению с дизельным силовым агрегатом. Кроме того, оно обеспечивает тихую работу двигателя – уровень шума составляет менее 71 дБ по результатам тестов PIEK Quiet Truck (стандарт PIEK на шумность грузовиков). В выхлопных газах грузовых автомобилей, работающих на СПГ, содержится значительно меньше CO_2 и оксидов азота и практически отсутствуют твёрдые частицы.

Компания IVECO уже на протяжении 20 лет занимается разработкой газовых технологий привода и на сегодняшний день считается лидером в данной сфере. Она была выбрана немецким автопроизводителем BMW Group для проведения двухнедельного экспериментального проекта по тестированию СПГ в качестве решения, способного снизить воздействие проводимых логистических операций на окружающую среду. В ходе испытаний, выполненных совместно с транспортно-экспедиторской компанией Spedition Duvenbeck, грузовик IVECO Stralis NP 400, работающий на сжиженном природном газе, каждый день перевозил двигатели с завода BMW в австрийском городе Штайр на завод BMW в Регенсбурге.

IVECO

IVECO разрабатывает, производит и реализует широкую гамму лёгких, средних и тяжёлых коммерческих автомобилей, внедорожных грузовиков и специальных автомобилей, например, для совершения внедорожных миссий.

Широкая гамма продуктов включает в себя Daily, коммерческий автомобиль массой от 3 до 7,2 т, Eurocargo массой от 6 до 19 т, Trakker (для работ на бездорожье) и Stralis массой более 16 т. Кроме того, под маркой IVECO Astra предлагаются внедорожные грузовики и специальные автомобили.

Численность сотрудников IVECO составляет практически 21 тыс. человек по всему миру. Её производственные площадки располагаются в 7 странах Европы, Азии, Африке, Океании и Латинской Америке, где осуществляется производство автомобилей с использование последних технологий. Наличие более 4 200 дилерских и сервисных центров более чем в 160 странах мира позволяет обеспечить техническое обслуживание и поддержку в любой точке, где эксплуатируется техника IVECO.

"Газпром газомоторное топливо": 5 лет поступательного развития

ООО "Газпром газомоторное топливо" отметило пятилетие со дня образования. Компания была создана в 2012 г. по решению ПАО (ОАО) "Газпром" для решения стратегической задачи – расширения применения природного газа в качестве моторного топлива. За пять лет деятельности компании сформированы основы для комплексного развития рынка газомоторного топлива России.

Сегодня сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) "Газпром" включает 261 сбытовой объект в регионах России, из которых компанией "Газпром газомоторное топливо" консолидированы 162 станции. Также в собственной эксплуатации компании находятся 30 передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗ), 2 комплекса сжижения природного газа (КСПГ) в Калининграде и в Петергофе, Московский газоперерабатывающий завод. В период с 2015 г. компания "Газпром газомоторное топливо" построила 43 современные газозаправочные станции под брендом "Газпром", в стадии реализации находятся ещё 54 проекта.

Для популяризации применения природного газа в качестве моторного топлива зарегистрирован товарный знак EcoGas и реализуются стимулирующие программы для потребителей. Совместно с российской автомобильной промышленностью расширяется линейка техники, работающей на природном газе, которая в настоящее время включает порядка 150 моделей. В целях актуализации нормативно-правовой базы газомоторной отрасли отменено государственное регулирование ценообразования на природный газ, а также снижен класс опасности АГНКС.

Результатом комплексной пятилетней работы "Газпром газомоторное топливо" по развитию рынка в России стал существенный прирост реализации природного газа в качестве топлива на 8–11 % в год. В 2016 г. через сеть АГНКС "Газпром" продано 481 млн м^3 газа, из них 94 млн м^3 – собственная реализация "Газпром газомоторное топливо".

"Сегодня более 150 тыс. автомобилистов сделали свой выбор в пользу автомобильного топлива EcoGas. Прирост реализации топлива с наших станций вырос на 42 % с 2012 г. Это значит, что вектор работы выбран правильно. Мы сформулировали и развиваем новую культуру потребления природного газа в качестве моторного топлива", – отметил генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Михаил Лихачёв.