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

Том 17. № 2. 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 1. Физико-химические и моторные свойства сжиженного углеводородного топлива 51

Приведен анализ динамики добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов. Обобщено состояние и приведена оценка потенциала развития топливно-энергетического комплекса страны. Изложена общая методология комплексной программы альтернативных видов топлива. Приведена структура традиционного и перспективного топливно-энергетического комплекса страны. Приведены физико-химические и моторные свойства сжиженного углеводородного топлива. Изложены особенности применения сжиженного углеводородного топлива.

Фурман В.В., Плахов С.В., Марков В.А., Мягков Л.Л., Апришкин А.Ю.

Совершенствование системы электронного управления топливоподачей газодизельного двигателя 70

Показаны преимущества использования газообразных топлив. Рассмотрены особенности работы дизельных двигателей, адаптированных к работе на природном газе. Описана разработанная система электронного управления топливоподачей дизельных и газодизельных двигателей. Рассмотрено направление совершенствования системы электронного управления топливоподачей этих двигателей, заключающееся в повышении надежности работы системы электронного управления топливоподачей.

Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М.

Термодинамический и кинетический механизм гетерогенно-каталитических процессов 80

Рассмотрены современные концепции изучения гетерогенно-каталитических процессов с позиций термодинамики и кинетики химических реакций. Показано принципиальное различие в ускорении реакций, достигаемое с помощью катализаторов и инициаторов. Сформулировано определение каталитической системы как совокупности катализатора, инициатора и реакционной среды.

ИНФОРМАЦИЯ

Конференция "Газовые баллоны. Итоги года" 82

Третья международная конференция "Газовые баллоны. Итоги года", организованная CREON Energy, состоялась в Москве 23 ноября 2017 г. Мероприятие прошло при поддержке Союза предпринимателей газомоторной отрасли (СПГО).

Савченко А.С.

14-я международная выставка коммерческого автотранспорта "Комтранс-2017". Часть 2 85

"Комтранс" – это крупнейшая выставка коммерческого автотранспорта в России и СНГ. Она проходит один раз в два года, по нечетным годам, чередуясь с Autotrans и IAA в Ганновере. Продолжаем обзор выставки с отечественных автопроизводителей, которые в этом году показали много интересных новинок.

Тысячный газомоторный автомобиль КАМАЗ 93

В ПАО "КАМАЗ" состоялось торжественное мероприятие, посвященное выпуску в новом производственном корпусе 1000-го газомоторного автомобиля. Юбилейным грузовиком стал полноприводный КАМАЗ-43114 на компримированном природном газе.

Новости 95–96

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 29.01.2018 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. № 2. 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 1. Physico-chemical and motor properties of liquefied hydrocarbon fuel 51

The analysis of the dynamics of the extraction and processing of fuel and energy resources. Summarizes the status and provide an assessment of the development potential of the fuel and energy complex of the country. Outlines the General methodology of a comprehensive program of alternative fuels. The structure of traditional and prospective fuel and energy complex of the country. The physico-chemical, and motor properties of liquefied petroleum fuel. Given the peculiarities of the use of liquefied petroleum fuel.

Furman V.V., Plakhov S.V., Markov V.A., Myagkov L.L., Apriskin A.Yu.

Improvement of electronic control system fuel gas diesel engine 70

Advantages of using gaseous fuels are shown. Operational features of diesel engines fitted to use natural gas as a fuel have been considered. The developed electronic system of fuel supply control in diesel engine and gas diesel engines are characterized. Considered the direction of improving the system of electronic fuel control, these engines consists in increasing the reliability of the electronic fuel control.

Tretyakov V.F., Talyshinsky R.M.

Thermodynamic and kinetic mechanism heterogeneous-catalytic processes 80

Modern concepts of studying heterogeneous-catalytic processes from the viewpoint of thermo-dynamics and the kinetics of chemical reactions are considered. The principal difference in the acceleration of the reactions achieved with the help of catalysts and initiators is shown. The defi-nition of the catalytic system as a set of catalyst, initiator and reaction medium is formulated.

INFORMATION

Conference "Gas cylinders. Results of the year" 82

The third international conference "Gas cylinders. Results of the Year", organized by CREON Energy, was held in Moscow on November 23, 2017. The event was held with the support of the Union of Natural Gas Industry Entrepreneurs (SPGO).

Savchenko A.S.

14th International Exhibition of Commercial Vehicles "Comtrans-2017". Part 2 85

"Comtrans" is the largest exhibition of commercial vehicles in Russia and the CIS. It takes place every two years, on odd years, alternating with Autotrans and IAA in Hanover. This is a convenient place for meetings with manufacturers and suppliers of commercial vehicles, where the guests will find a variety of newest models of modern trucks, buses, trailers, spare parts and components. We continue to review the exhibition from domestic automakers, which this year showed many interesting new products.

Thousand gas engine truck KAMAZ 93

In PJSC "KAMAZ" a solemn event was held, dedicated to the release of the 1000th gas engine vehicle in the new production building. Jubilee truck was the all-wheel drive KAMAZ-43114 on compressed natural gas.

News 95–96

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 1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МОТОРНЫЕ СВОЙСТВА СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

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

Приведен анализ динамики добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов. Обобщено состояние и приведена оценка потенциала развития топливно-энергетического комплекса страны. Изложена общая методология комплексной программы альтернативных видов топлива. Приведена структура традиционного и перспективного топливно-энергетического комплекса страны. Приведены физико-химические и моторные свойства сжиженного углеводородного топлива. Изложены особенности применения сжиженного углеводородного топлива.

Ключевые слова: *динамика добычи газового топлива; комплексная программа альтернативных видов топлива; сжиженный углеводородный газ; стандарты и марки сжиженного углеводородного газа; эффективность газового топлива.*

PHYSICO-CHEMICAL, AND MOTOR PROPERTIES OF THE GAS FUEL. LECTURE 2. PART 1. PHYSICO-CHEMICAL, AND MOTOR ROPERTIES OF LIQUEFIED HYDROCARBON FUEL

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

The analysis of the dynamics of the extraction and processing of fuel and energy resources. Summarizes the status and provide an assessment of the development potential of the fuel and energy complex of the country. Outlines the General methodology of a comprehensive program of alternative fuels. The structure of traditional and prospective fuel and energy complex of the country. The physico-chemical, and motor properties of liquefied petroleum fuel. Given the peculiarities of the use of liquefied petroleum fuel.

Keywords: *dynamics of production of gas fuel; a comprehensive program of alternative fuels; liquefied petroleum gas; standards and grades of liquefied petroleum gas; efficiency of gas fuel.*

Автомобильный транспорт объективно относят к числу наиболее энергоемких отраслей национальной экономики. Обеспечение автомобильного транспорта эффективными и стабильными энергоносителями представляет собой одну из важнейших отраслевых задач. Энергетическая безопасность страны остается приоритетной задачей нашей страны на ближайшее время и отдаленную перспективу.

Современный автомобильный транспорт работает в условиях новых экономических отношений. Вопросы бесперебойности и эффективности его работы приобретают исключительно важное значение. Наблюдаемый подъем национальной экономики в ближайшем будущем может сопровождаться дефицитом традиционных топливно-энергетических ресурсов.

Динамика добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов приведена на рис. 1.

Доказанные мировые запасы природного газа (ПГ) составляют 107 трлн м^3, а годовая его добыча достигла 1,8 трлн м^3. Разведанные промышленные запасы ПГ обеспечат необходимый уровень его добычи на период 65–70 лет, что практически совпадает с оценками ведущих экспертов.

Разведанные запасы ПГ страны оценивают 43 % мирового потенциала. Доля России в мировой добыче газа составляла 27 %. В последние годы ежегодный прирост добычи ПГ стабилизировался и составил около 550 млн м^3. Достоверные доказанные запасы нефти и газа в недрах РФ составляют соответственно 13 и 43 % мировых запасов. Наша страна по добыче и разведенным запасам ПГ занимает ведущее место в мире. Разведанные запасы ПГ оценены величиной 49 трлн м^3 (43 %).

Мировой парк НТС насчитывает свыше 950 млн ед., из которых 15 млн ед. работают на КПГ. Автомобильный парк РФ насчитывает 120 тыс. ед., работающих на КПГ. На сегодняшний день в РФ сеть АГНКС насчитывает 280 станций. Суммарная мощность компрессоров станций превышает 2 млрд м^3/г. По итогам 2014 г. средний уровень загрузки АГНКС составляет 21,3 %.

В ближайшей перспективе газовое топливо из альтернативного превратится в основной вид моторного топлива. При использовании ПГ в качестве моторного топлива не требуется существенной технологической его переработки. В стране за все годы развития отечественной энергетики добыто около 10 трлн м^3 ПГ, что составляет 4 % потенциальных ресурсов.

На глобальном уровне человечество потребляет 3,5 млрд т ТЭР. На отечественные нефтеперерабатывающие заводы поступает менее половины добываемой нефти в стране.

При сохранении добычи нефти на уровне 550 млн т в год дефицит моторного топлива потребует вовлечения на нужды автотранспорта значительных ресурсов ПГ. Современные ресурсы СУГ составляют более 8,5 млн т, значительная часть которых крайне необходима для социально-бытовой сферы и нефтехимии.

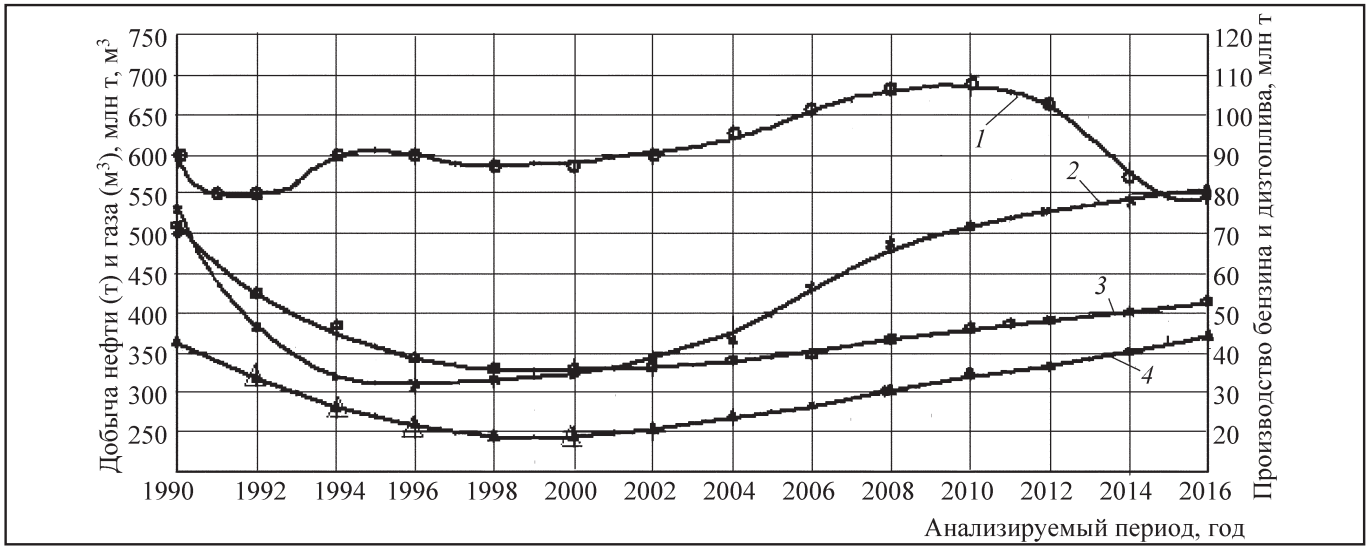

Рис. 1. *Динамика добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов:*
1 – добыча газа; 2 – добыча нефти; 3 – производство дизельного топлива; 4 – производство бензина

Потенциальная сырьевая база РФ характеризуется высокой надежностью и позволяет наращивать добычу ПГ до уровня 1 млрд м^3 в год. В 2017 г. добыча ПГ составила 550 млрд м$^{3.}$.

Возможный дефицит традиционного топлива в условиях рыночной экономики эффективно может быть уменьшен за счет широкого применения альтернативных видов топлива (АВТ).

Комплексная Программа перевода НТС на альтернативные виды топлива приведена на рис. 2.

Эффективное решение комплекса взаимосвязанных вопросов перевода АТ на АВТ целесообразно в рамках определенной энергетической программы, например, целевой комплексной программы (ЦКП). Программа представляет собой совокупность мероприятий достижения энергосберегающих целей на различных уровнях. ЦКП содержит разделы обоснования актуальности проблемы, гипотезы (приоритетные направления), допущения и ограничения программы, цель и задачи программы, содержание программы (сценарий), программные мероприятия, ресурсное обеспечение программы, механизмы реализации, организации управления и контроля за ходом реализации ЦКП, оценку эффективности социально-экономических последствий мероприятий по реализации ЦКП.

Гипотеза. Газовое топливо из альтернативного превращается в основной вид топлива НТС общего пользования.

Допущения. Обеспечение НТС общего пользования топливно-энергетическими ресурсами осуществляют в условиях рыночного хозяйственного механизма.

Методологической основой построения такой программы является системно-целевой метод, получивший название "дерево целей". В результате формализации объект представлен в виде граф-модели. Вершины граф-модели отражают структурные элементы объекта, а ребра – функциональные и структурные связи. В основу построения программы положены балансовые соотношения структуры существующего и перспективного парка НТС, развитая сеть и мощность созданной системы энергоснабжения (строительство и эксплуатация) и экономическая и экологическая эффективность прогнозируемых объемов замещения базового топлива АВТ.

Построение ЦКП включает формирование экспертной группы специалистов; разработку системно-целевой модели объекта, т. е. построение "дерева целей"; расчет коэффициентов связи между элементами (уровнями) модели ЦКП; определение значимости и эффективности организационно-технологических и технических мероприятий ЦКП.

Цели программы различных уровней сформированы путем морфологического членения всего комплекса целевых функций объекта. Значимость каждой цели на конкретном уровне определена ве-

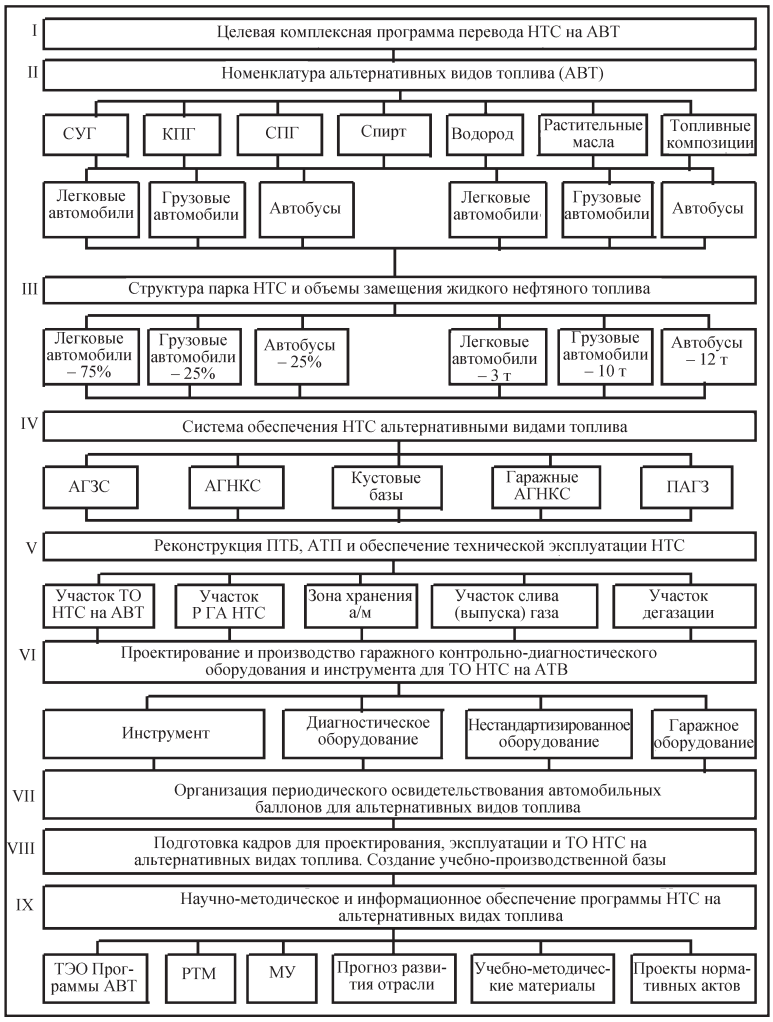

Рис. 2. *Комплексная Программа перевода наземных транспортных средств на альтернативные виды топлива*

личиной коэффициентом связи. Сумма удельных весов всех целей для каждого критерия равна единице.

В процессе построения программы выполнен расчет коэффициентов связи между элементами автотранспортной системы, определена их значимость, позволившая оценить эффективность организационно-технологических и технических решений и мероприятий.

В качестве критериев выбраны основные технические характеристики и параметры объектов НТС, а в качестве цели – направление улучшения параметров и характеристик объекта.

Вертикальные линейные связи являются основой традиционных структур управления ТЭР на автомобильном транспорте. Для новой методологии построения ЦКП характерно взаимодействие структурных элементов горизонтальных равноценных связей и образование матричной структуры. Последнее позволяет ограничить длину горизонтальных линий и выделить наиболее эффективные мероприятия по ограничению компонентов АВТ.

Разработанная в предшествующие годы концепция применения природного газа (ПГ) в качестве моторного топлива позволила эффективно преодолеть психологический барьер опасности широкой эксплуатации газобаллонных автомобилей [1]. В течение десятилетий в стране проводилась многоплановая неуправляемая работа по использованию газового топлива в качестве АТВ. Неуправляемый и несистемный характер ее развития можно представить в виде комплексной программы.

Представленная матрица параметров комплексной программы может быть определена количественно. В процессе построения программы выполнен расчет коэффициентов связи между элементами автотранспортной системы, определена их значимость, позволившая оценить эффективность организационно-технологических и технических решений и мероприятий.

Для ранжирования целей применен метод экспертных оценок. Одновременно с этим применен метод количественной оценки уровня значимости мероприятий ЦКП, основанной на комплексе разработанных методов и приемов прогнозирования. В общем виде сопоставление критериев и целей приведено в табл. 1.

Значимость каждой n-й цели на i-м уровне определяют по величине коэффициента связи r_{in}, равного сумме произведений удельных весов цели K_{mn} в m-м критерии на удельный вес критерия P_m, взятого по всем критериям:

$$r_{in} = \sum_{i}^{m} K_{mn} P_m . \qquad (1)$$

Для обеспечения однозначности суждений введены нормирующие условия

$$\sum_{i}^{m} P_m = 1{,}0;$$

$$\sum_{i}^{m} K_m = 1{,}0;$$

$$\sum_{i}^{m} R_m = 1{,}0, \qquad (2)$$

Таблица 1

Критерии и цели мероприятий ЦКП

Критерий	Удельный вес критерия	Цели Программы на *i*-м уровне			
		1	2	A	N
1	P_1	K_{11}	K_{12}	K_{1a}	K_{1n}
2	P_2	K_{21}	K_{22}	K_{2a}	K_{2n}
.....	.....	.....	.....	.....	.....
M	P_m	K_{m1}	K_{m2}	K_{ma}	K_{mn}
Коэффициент связи		r_{i1}	r_{i2}	r_{ia}	r_{in}

Примечание: *i*-уровень, на котором производят оценку критериев; а – индекс критериев на *i*-м уровне; K_{mn} – коэффициент значимости *n*-й цели в обеспечении критерия; P_m – удельный вес критерия *m*; r_{in} – коэффициент связи *n*-й цели на *i*-м уровне.

где *i* – уровень, на котором производят оценку критериев; K_{mn} – коэффициент значимости *n*-й цели в обеспечении критерия; P_m – удельный вес критерия *m*; r_{in} – коэффициент связи *n*-й цели на *i*-м уровне.

В качестве критериев выбирают основные технические характеристики и параметры объекта, а в качестве цели – направление улучшения параметров и характеристик объекта.

Систематизация информации о технических решениях представлена в графической форме, т.е. в виде структурной матрицы. Графическая структурная матрица представляет собой таблицу, имеющую две оси координат.

Значимость каждой цели на своем уровне определяют коэффициентом связи. Сумма удельных весов всех целей для каждого критерия равна единице. Удельный вес каждой цели вычисляют путем ранжирования с помощью метода экспертных оценок в пределах от 1 до 0.

Дерево целей представляет собой ветвящуюся фигуру с девятью уровнями (подсистемами). Программа включает девять основополагающих разделов, содержащих цели и задачи, а также средства их достижения.

Оно построено на логической основе путем ранжирования (упорядочения) целеполаганий с таким расчетом, что мероприятия (цели) последующего уровня обеспечивают решение задач предыдущего. Дерево целей представлено вертикальными линейными и горизонтальными функциональными связями.

Цель первого раздела включает формулировку целевой комплексной программы перевода НТС на АВТ.

Цель второго раздела Программы – разработка номенклатуры АВТ и заданий по формированию рациональной структуры парка НТС, а также возможных объемов замещения традиционного топлива газовым.

Цель третьего раздела – рациональная структура парка НТС и объемы возможного замещения традиционного топлива газом.

Цель четвертого раздела – система обеспечения НТС АВТ (стационарные, передвижные, гаражные).

Цель пятого раздела – приспособление (реконструкция) и развитие производственно-технической базы действующих предприятий для эксплуатации НТС. Задачами данного раздела является проведение реконструкции производственных помещений для обеспечения мер взрывной и пожарной безопасности, создание на территории предприятий постов выпуска (аккумулирования) КПГ, постов слива СУГ и дегазации газовых баллонов, а также обеспечение автомобилей постами подогрева двигателей в зимний период с использованием газового топлива. Материальные затраты на реконструкцию производственно-технической базы связаны с созданием системы контроля воздушной среды, вентиляцией и электроснабжением.

Цель шестого раздела Программы – проектирование и производство гаражного, технологического, контрольно-диагностического оборудования и инструмента для проведения технического обслуживания НТС при работе на АВТ, обеспечение производства и поставки гаражного оборудования и инструмента для ТО и ТР ГБА, пунктов освидетельствования баллонов. В задачу раздела входит обеспечение выпуска оборудования и инструмента, поставка предприятиям гаражного оборудования и инструмента для ТО и ТР ГБА, оборудования для пунктов освидетельствования баллонов и испытания топливных систем автомобилей (ОБИТС). В качестве норматива: на 100 ГБА должно приходится 0,70 стенда К-277, являющегося базовым оборудованием технологических участков.

Цель седьмого раздела – развитие системы периодического освидетельствования автомобильных газовых баллонов. В задачу входит развитие сети ОБИТС и испытательных топливных систем для СПГ. В настоящее время в РФ эксплуатируется 125 ОБИТС, включая и временные пункты. Количество течеискателей, приходящихся на 1 АТП, должно составлять 3 ед.

Цель восьмого раздела – подготовка и повышение квалификации кадров для проектирования, эксплуатации и технического обслуживания НТС, научно-методическое обеспечение программы НТС на АВТ.

В задачу данного раздела входят разработка нормативно-технической и проектно-технической документации и разработка предложений по повышению эффективности использования газового топлива на АТ.

Цель девятого раздела Программы – информационное обеспечение и распространение передового опыта организации эксплуатации ГБА. В задачу входит составление планов по проведению государственных и отраслевых семинаров (деловые игры) по обмену передовым опытом по использованию газа в качестве моторного топлива.

Задачей данного раздела Программы является организация оперативного управления комплексной программой, обеспечение периодического сбора информации и проведение анализа полученных материалов.

Разработанная Программа содержит паспорт, включающий систему мероприятий. Она включает краткосрочный (5 лет), среднесрочный (10 лет) и долгосрочный (25 лет) периоды.

Схема извлечения сжиженного углеводородного газа из природного газа приведена на рис. 3.

СУГ представляет собой продукт переработки нефти или является сопутствующим компонентом добычи КПГ. Ресурсы СУГ ограничены, так как они в значительной мере связаны с добычей нефти. В социально-бытовом секторе страны СУГ используют 35 млн жителей страны. Кроме того, СУГ представляет собой ценнейшее сырье для химической промышленности.

Сжиженный углеводородный газ вырабатывают из нефти и конденсатной фракции природного газа. Образующаяся в процессе переработки смесь углеводородов поступает на абсорбционно-газофракционирующую установку (АГФУ), где в специальных колоннах происходит разделение на отдельные фракции.

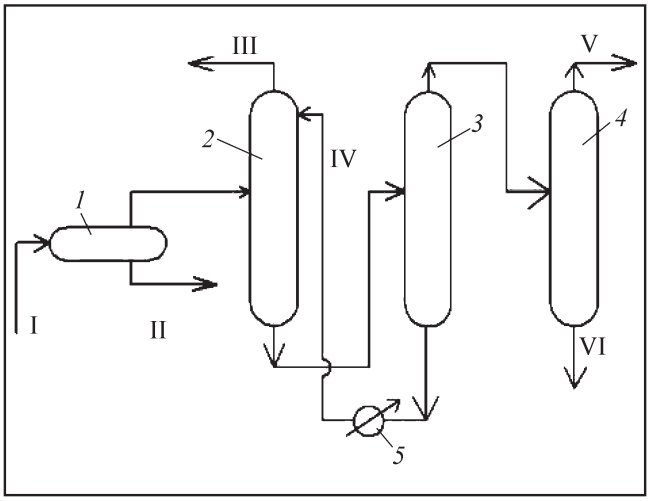

Рис. 3. *Схема извлечения сжиженного углеводородного газа из природного газа:*
1 – сепаратор; 2 – адсорбционная колонка; 3, 4 – фракционная колонка. I – смесь нефти и ПГ; II – сырая нефть; III – природный газ; IV – тощая нефть; V – СУГ; VI – естественный бензин

СУГ получают преимущественно из попутного газа при добыче нефти или при ее переработке на нефтеперерабатывающих заводах, а также из природного газа газоконденсатных месторождений, содержащих тяжелые углеводороды.

Сжиженный нефтяной газ извлекают преимущественно из попутного газа при добыче нефти или при ее переработке на нефтеперерабатывающих заводах, а также из природных газов газоконденсатных месторождений, содержащих тяжелые углеводороды. Дополнительно эти газы получают при синтезе бензина. В перспективе ожидают получение пропана и бутана из ПГ.

Смесь сырой нефти и влажного газа, поступающая из скважины, в сепараторе разделяется на два основных компонента. В адсорбере тощая нефть, подаваемая навстречу газу, абсорбирует компоненты дистиллята и СУГ.

Технологические потери газа (пропан, бутан и др.) остаются достаточно значительными. В технологических отходящих факелах нефтедобывающей промышленности Западной Сибири сгорает 12 млрд м^3 ценного сырья, поступающего вместе с нефтью к устьям скважин. В настоящее время масштабы сжигания газа заметно умень-

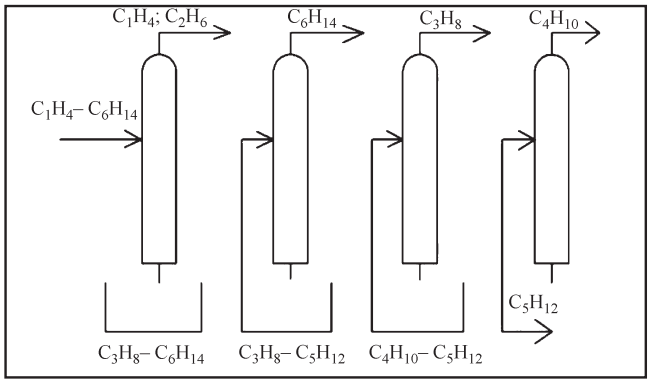

Рис. 4. *Упрощенная схема получения СУГ на абсорбционно-газофракционирующей установке*

шены. Технология сжижения нефтяных попутных газов на месте его добычи наиболее эффективна для окружающей среды и национальной экономики.

Жирная нефть из донной части абсорбционной колонки направляется в одну или несколько фракционных колонок, где она разделяется в абсорбере на донный продукт, бензин и СУГ (легкий продукт).

Особенностью СУГ является то, что его хранят и транспортируют в жидком виде, а используют на АТ в газообразном состоянии. При обычных атмосферных условиях СУГ находится в газообразном состоянии, а при незначительном повышении давления без изменения температуры окружающей среды он превращается в жидкость.

Пропан и бутан очищаются от сернистых соединений, щелочи, воды и других компонентов, поэтому сжигание газа приносит лишь незначительный вред атмосфере. По сравнению с пропаном, у бутана хуже способность испарения и поэтому его смешивают с пропаном. В зависимости от марки СУГ, пропан и бутан смешиваются в необходимых соотношениях.

Упрощенная схема получения СУГ на АГФУ приведена на рис. 4.

Технологические потери газа (пропан-бутана и др.), являющиеся сопутствующими фракциями при добыче нефти и поступающими вместе с нею к устьям скважин, остаются пока достаточно значительными. В недалеком прошлом в технологических факелах нефтедобывающей промышленности Западной Сибири сжигали 12 млрд м^3/год этого ценного сырья, поступающего вместе с нефтью к устьям скважин. Реализация различных программ позволила в благоприятные периоды сэкономить 13,5 млн т условного топлива.

При испарении СУГ образуется около 250 л газообразного вещества. Незначительная утечка СУГ может быть опасной, так как объем газа при испарении увеличивается в 250 раз. Плотность газовой фазы в 1,5–2 раза больше плотности воздуха. При утечках газ с трудом рассеивается в воздухе, особенно в закрытом помещении.

Газ практически не имеет запаха, поэтому для безопасности и своевременной диагностики возможных утечек газа органами обоняния человека в него добавляют незначительные количества сильно пахнущего вещества. При массовой доле меркаптановой серы менее 0,001 % СУГ должны быть одоризированы.

Для одоризации применяется этилмеркаптан (C_2H_5SH), представляющий собой неприятно пахнущую жидкость плотностью 0,839 кг/л и с точкой кипения 35 °С. Порог чувствительности запаха 0,00019 мг/л, предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны 1 мг/м^3. В случае, когда токсичность в норме или несколько ниже нормы, запах одоранта практически не ощущается и его накопления в помещении не наблюдается.

Основными составляющими СУГ являются пропан (C_3H_8) и бутан (C_4H_{10}). СУГ могут вырабатывать как из нефти, так и из конденсатной фракции природного газа. Существуют различные способы получения СУГ на нефтеперерабатывающих заводах. Образующиеся в процессе переработки нефти смеси углеводородов С1–С6 поступают на абсорбционно-газофракционную установку, обеспечивающую в специальных колоннах их разделение на отдельные фракции. Пропан и бутан очищаются от сернистых соединений, щелочи, воды и других компонентов. В дальнейшем они могут поступать на химическую переработку или использоваться в качестве моторного топлива.

Наиболее перспективным энергоносителем в нашей стране на ближайшие десятилетия остается ПГ, способный эффективно заменить нефть и уголь на электростанциях, а также светлые нефтепродукты в транспортных двигателях и энергетических установках. Доля использования ПГ в социально-бытовой сфере постоянно возрастает.

Динамика структуры и баланса традиционного и перспективного топливно-энергетического комплекса страны приведена на рис. 5.

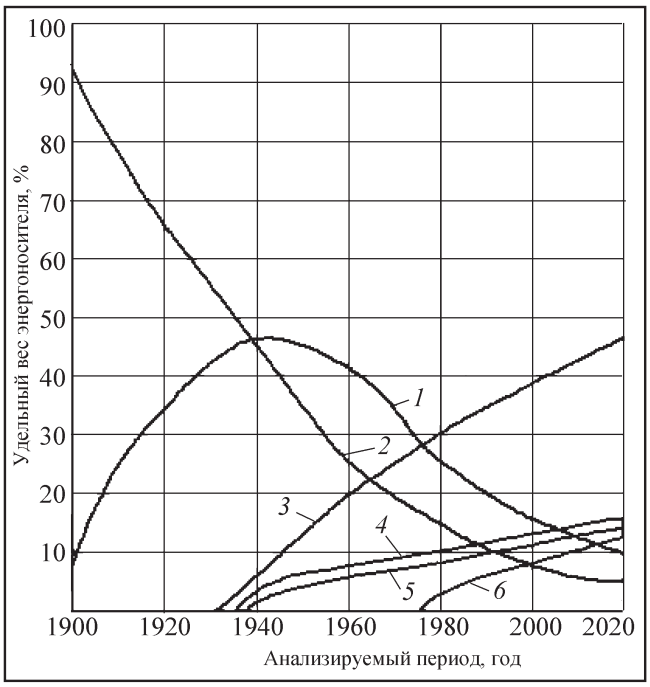

Рис. 5. *Динамика структуры и баланса традиционного и перспективного топливно-энергетического комплекса страны:*
1 – потребление нефти; *2* – потребление угля; *3* – потребление газового топлива; *4* – ядерная энергетика; *5* – гидроэнергнетика; *6* – альтернативная энергетика

На протяжении всего XX века отечественная экономика базировалась на трех основных энергоносителях – нефти, угле и природном газе. В настоящее время потребление нефти составляет более 45 %, природного газа – более 25 %, угля и сланцев – менее 25 % [2]. Природный газ является одним из наиболее перспективных энергоносителей для транспортных средств.

Мировая потребность в газе обеспечена на 70 лет разведанными рентабельными запасами, составляющими 136 трлн м^3. При этом среднегодовая мировая добыча природного газа равна примерно 2 трлн м^3.

В РФ открыто более 700 газовых месторождений. На долю 290 разрабатываемых перспективных месторождений приходится 24,3 трлн м^3 (или 54,6 %) всех отечественных природных запасов. Для дальнейшей разработки добычи природного газа подготовлено 58 месторождений с 14,1 трлн м^3, содержащих 29,4 % общих его запасов. В настоящее время 209 месторождений эксплуатируются и 147 – законсервировано.

Выдача лицензий осуществлена на 83 % разведанных запасов.

Развитие топливно-энергетического комплекса РФ в течение длительного периода (рис. 5) определялось соотношением потребления угля (кривая *2*) и (кривая *1*). Начиная с 1940 г. активную роль в ТЭК получает газовое топливо (кривая *3*). Важное место принадлежит ядерной энергетики (кривая *4*) и гидроэнергетики (кривая *5*). Альтернативная энергетика (солнечная, ветровая, приливы и отливы) получит дальнейшее развитие (кривая *6*).

В переходный период автотранспортной энергетики до 2025 г. возможны два варианта решения проблем транспортной энергетики.

Применяемые в качестве автомобильного топлива СУГ должны обеспечивать избыточную величину давления насыщенных паров, равную 0,1–1,6 МПа, в температурном диапазоне равным 303–318 К, и обладать хорошей испаряемостью без образования жидкого осадка при понижении давления в системе топливоподачи НТС.

За прошедшее столетие доля каждого энергоносителя существенно изменилась. В начале века основной вклад в развитие ТЭК составлял каменный уголь. В середине века это первенство перешло к нефти. Уголь отошел на второй план. В этот период значительно меньшая роль приходится на гидроэнергетику, а ядерная энергетика начала только развиваться. В конце нынешнего столетия ПГ займет ведущее положение в энергетическом балансе, потеснив при этом нефть и уголь. ПГ и жидкие моторные топлива отличаются различным происхождением и физико-химическими параметрами. В начале третьего тысячелетия дальнейшее развитие получат новые источники энергетики, основанные на водороде и природных факторах (солнечная, ветровая энергия и др.). Будущее отечественной возобновляемой энергетики находится за пределами 2050 г.

В современных условиях развития автомобилизации важным является создание переходных энергетических автотранспортных технологий. Наиболее перспективным энергоносителем в нашей стране на ближайшие 50 лет должен стать ПГ, способный заменить нефть и уголь на электростанциях, а также светлые нефтепродукты в транспортных двигателях и энергетических установках. Доля ПГ в социально-бытовой сфере постоянно возрастает.

В настоящее время свыше 90 стран обладают собственными источниками ПГ. Развитая система магистральных газопроводов России позволяет наиболее рационально решить проблему строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), а также решить проблему надежного топливообеспечения АТ.

Дальнейшее развитие получат новые источники энергетики, основанные на водороде и природных факторах (солнечная, ветровая энергия и др.). Будущее отечественной возобновляемой энергетики находится за пределами 2050 г.

Классификация и оценочные показатели газового топлива. Газовое моторное топливо по происхождению может быть природным или сопутствующим продуктом добычи или переработки нефти. Первоначально в качестве моторного топлива широко использовали природный газ.

Для оценки качества газовых углеводородных топлив используют следующие показатели: низшая теплота сгорания, стехиометрический коэффициент, теплотворность горючей (стехиометрической) смеси, плотность, октановое (или цетановое) число, температура воспламенения, пределы воспламеняемости и критическая температура [3].

Низшая теплота сгорания газового топлива ($H_и$, МДж/кг или МДж/м^3) характеризует энергетические свойства и показывает минимально возможное выделение количества теплоты при полном сгорании единицы массы или его объема.

Стехиометрический массовый или объемный коэффициент ($L_о$, кг/кг или м^3/м^3) характеризует количество воздуха, теоретически необходимое для полного сгорания единицы массы газа или его объема.

Низшая теплотворность горючей смеси ($h_и$, МДж/кг или МДж/м^3) характеризует содержание тепловой энергии в единице массы или объема горючей смеси стехиометрического состава. Упомянутые показатели газового топлива связаны между собой соотношением

$$h_и = H_и / (1 + L_о). \quad (3)$$

Низшая теплота сгорания газового топлива ($H_и$, МДж/кг или МДж/м^3) характеризует энергетические его свойства и показывает минимально возможное выделение количества теплоты при полном сгорании единицы массы или объема.

Плотность (p, кг/м^3) газа представляет собой массу, заключенную в единице объема в жидкой или газообразной его фазе при определенных внешних условиях окружающей среды (температуре и давлении).

Октановое число (ОЧ) характеризует антидетонационные свойства газа и служит критерием для установления допустимой степени сжатия двигателя. ОЧ различных индивидуальных видов газовых топлив соответствует величине, равной 70–110 ед.

Цетановое число (ЦЧ) характеризует самовоспламеняемость газового топлива. Низкое ЦЧ ухудшает воспламенение газа и сопровождается снижением пусковых свойств двигателя. Соотношение цетанового и октанового числа можно представить в виде соотношения

$$ЦТ = 60 - ОЧ / 2. \quad (4)$$

Октановое и цетановое числа связаны между собой линейной зависимостью. По мере повышения ОЧ происходит снижение ЦЧ.

Пределы воспламеняемости газа характеризуют граничные значения содержания газа (% по объему) в воздухе, сопровождающиеся возможным воспламенением горючей смеси. На ее воспламеняемость заметное влияние оказывают температура, давление и турбулентность горючей смеси.

Переобедненные и переобогащенные газовоздушные смеси в цилиндре двигателя не воспламеняются. Пределы их воспламенения позволяют правильно организовать рациональный рабочий процесс (РП) двигателя и регулирование его топливоподачи. Кроме того, это важно для определения взрыво- и пожароопасных концентраций, характеризующих категорийность производственных помещений для хранения и технического обслуживания НТС, правильного выбора и монтажа электроустановок.

Критическая температура ($T_{кр}$) представляет собой температуру, при которой плотность жидкости и ее насыщенного пара становятся равными. Граница раздела между ними при критической температуре исчезает.

Давление насыщенных паров газа при критической температуре называется критическим ($p_{кр}$). При температуре выше критической жидкое топливо может находиться только в газообразном состоянии независимо от величины внешнего давления.

Метан имеет критическую температуру, равную 151 К, при которой он будет находиться при любом давлении только в газообразном состоянии, что и вынуждает хранить его на автомобилях в сжатом

(компримированном) виде. По этой причине ПГ, хранимый в баллонах НТС выше 151 К, называют сжатым (компримированным) природным газом (КПГ).

При охлаждении до температуры ниже – 151 К метан можно перевести при определенном 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.

Углеводородные газы, имеющие критическую температуру, значительно выше обычных температур окружающей среды (например, пропан – 370 К, бутан – 425 К), легко сжижаются и хранятся в жидком состоянии при относительно небольших давлениях.

СУГ, используемые в качестве моторного топлива на АТ, представляют собой смеси пропан-бутановых фракций. СПГ получают путем глубокого охлаждения метана на специальных установках, основным компонентом которого является метан.

Бензин, СУГ и ПГ различаются покомпонентному составу и плотности, но практически одинаковы по энергосодержанию [4, 5]. При работе на газовом топливе оптимальному его расходу соответствует более высокий α. С обеднением горючей смеси скорость сгорания снижается.

При работе на газе оптимальному расходу топлива соответствует более высокий α. С обеднением горючей смеси скорость ее сгорания заметно снижается. Степень унификации ГБА, работающих на СУГ и КПГ, составляет 75 % по газовому оборудованию и 95 % по двигателю.

В современных условиях важным для транспортной энергетики является создание переходных автотранспортных технологий. ПГ в середине 1980-х гг. в мировой энергетике составлял лишь 19 % от общего ее объема. В настоящее время он составляет основу современной энергетики многих стран. ПГ по своей природе является наиболее экологически чистым видом топлива. Поэтому наиболее перспективным энергоносителем в нашей стране на ближайшие 50 лет должен стать ПГ, способный заменить нефть и уголь на электростанциях, а также светлые нефтепродукты в транспортных двигателях и энергетических установках.

При использовании в качестве моторного топлива ПГ не требуется существенной дорогостоящей технологической переработки. Максимальная отпускная цена за 1 м^3 компримированного газа в г. Москве ниже стоимости 1 л бензина АИ-80 в 2,5 раза. Изменение доли отдельных регионов в нефтедобыче показывает, что каждый из них имеет максимальную величину ее добычи. Наиболее надежным дополнительным источником энергетических ресурсов является континентальный шельф, доля которого в общей добыче к 2030–2050 гг. может достигнуть 40 %.

Для нашей страны на ближайшие 20–30 лет и на более отдаленный период наиболее эффективным энергоносителем остается ПГ. Доля его использования в качестве моторного топлива возрастет до 50 %.

СУГ и КПГ по ряду основных физико-химических и моторных свойств заметно превосходят традиционное моторное топливо нефтяного происхождения. Однако недостаточное производство СУГ, а также возрастающая его потребность в химической промышленности ограничивают традиционные объемы его применения на автомобильном транспорте.

Стандарты и технические условия на производство СУГ предусматривают две марки сжиженных углеводородных газов: ПБА – пропан-бутан автомобильный, применяется в диапазоне температур окружающей среды от 318 до 253 К; ПА – пропан автомобильный, применяется в диапазоне температур окружающей среды от 253 до 238К. Для более низких температур предусмотрено применение ЭПА – этан-пропана автомобильного по ТУ 38.1011184-89. Производство и поставка ЭПА для автотранспорта осуществляются только по прямым договорам между поставщиками и потребителями. При содержании меркаптановой серы менее 0,001 % СУГ должны быть одорированы.

Производство СУГ марок ПА и ЭПА, его транспортировка и хранение допускаются при температуре окружающей среды не выше 303 К для ПА и не выше 278 К для ЭПА.

Марка газа ПБА допускается к применению во всех климатических районах при температуре окружающего воздуха не ниже – 20 °С. Марка ПА применяется в зимний период в тех климатических районах, где температура воздуха опускается ниже –20 °С и рекомендуется температурный интервал ее применения от – 20 до – 35 °С.

Топливо ПА содержит не менее 80 % пропана в смеси с небольшим количеством непредельных углеводородов (пропиленом). Пропан обеспечивает наибольшее давление насыщенных паров, обеспечивающее нормальную работу двигателя в зимних условиях. Смесь ПБА соответствует требованиям стандарта по давлению паров (при + 45 °С не более 1,6 МПа), представляет собой всесезонную марку топлива для ГБА.

Непредельные углеводороды в настоящее время направляются на нефтехимическое производство, а для нужд автомобильного транспорта поступают лишь предельные углеводороды.

Технико-эксплуатационные требования к газовому топливу. Газовое топливо должно удовлетворять требованиям эффективной работы двигателя и обеспечивать эффективную эксплуатацию автомобилей.

Первая группа требований включает показатели калорийности газовоздушной смеси, детонационной стойкости, минимальное содержание смолистых веществ и механических примесей, способствующих нагарообразованию и загрязнению системы питания и двигателя; отсутствие веществ, вызывающих коррозию и коррозионные износы деталей двигателя, минимальное содержание веществ, вызывающих окисление и разжижение масла в картере двигателя; минимальное образование токсичных и канцерогенных веществ в продуктах сгорания.

Вторая группа эксплуатационных требований включает отсутствие существенного ухудшения технико-эксплуатационных показателей автомобилей в связи с переходом на газ; отсутствие необходимости коренного изменения конструкции двигателя, его систем питания и топливной аппаратуры; способность газового топлива сохранять стабильность компонентного состава и его физико-химических и моторных свойств; обеспечение удовлетворительных объемно-массовых показателей хранения топлива на борту автомобиля; максимальное удовлетворение требованиям пожаро- и взрывопожарной безопасности: минимальные затраты на реконструкцию автотранспортных предприятий создание дополнительных производственных мощностей у эксплуатирующих организаций; обеспечение необходимыми сырьевыми ресурсами.

К основным свойствам СУГ относятся давление насыщенных паров, плотность, удельная теплота сгорания и октановое число (ОЧ). Давление насыщенных паров СУГ изменяется от 0,27 МПа (при –10 °С) до 1,6 МПа (при 45 °С). СУГ имеют большой коэффициент объемного расширения, поэтому при повышении температуры на 1 °С давление в газовом баллоне увеличивается на 0,6–0,7 МПа. Во избежание разрушения газового баллона в нем предусматривают паровую (газовую) подушку объемом не менее 10 % полезной вместимости.

При температуре, равной 0 °С, и давлении 101,3 кПа плотность жидкой фазы ГСН составляет 530–690 кг/см^3, паровой фазы 1,96 (пропан) и 2,6 кг/м^3 (бутан).

Октановое число газового топлива составляет 90–110 ед., что позволяет форсировать автомобильные двигатели по степени сжатия величины до 10–11.

Газовое топливо имеет более благоприятное по сравнению с бензином соотношение С/Н. Углеродное число представляет собой отношение углерода к водороду (С/Н). Для современных бензинов составляет около 6, а СУГ и ПГ – соответственно 4,9 и 2,96.

Высокое содержание водорода в газовом топливе обеспечивает более полное сгорание топлива в цилиндрах двигателя.

Максимальная неравномерность распределения топлива по цилиндрам карбюраторного двигателя, достигающая 35 % и более, обуславливает повышенное содержание в отработавших газах СО на 45–55 % и C_mH_n на 35–45 % при стехиометрическом составе горючей смеси, равным $\alpha = 1$. Применение газового топлива обеспечивает снижение максимальной неравномерности распределения горючей смеси по цилиндрам двигателя до 20 %.

Воспламенение газовоздушной смеси имеет более широкие пределы по сравнению с бензином, что позволяет на основных эксплуатационных режимах наиболее эффективно обеднить горючую смесь (до α = 1,2–1,3). Применение СУГ и КПГ в качестве моторного топлива обеспечивает существенное снижение токсичности ОГ по всем контролируемым параметрам: содержание СО (в 2–3 раза), NO_x (в 1,2–2 раза) и C_mH_n (в 1,1–1,4 раза), что удовлетворяет жестким требованиям большинства национальных стандартов.

Бензин, СУГ и ПГ различаются по компонентному составу и плотности, но практически одинаковы по энергосодержанию. При работе на газовом топливе оптимальному его расходу соответст-

вует более высокий α. Для компенсации ее снижения устанавливают более ранний угол опережения зажигания $Q_{заж}$. Величина $Q_{заж}$ для газобаллонных автомобилей, работающих на СУГ, соответственно 4,5 и 6,5°, а для работающих на ПГ составляет 5–7°.

Высокая антидетонационная стойкость газовых топлив и хорошая их смешиваемость с воздухом позволяют форсировать газовые двигатели по степени сжатия с 8,5 до 12. При работе на газе оптимальному расходу топлива соответствует более высокий α. С обеднением горючей смеси скорость сгорания снижается. Степень унификации ГБА, работающих на ГСН и КПГ, составляет 75 % по газовому оборудованию и 95 % по двигателю.

Применяемые в качестве автомобильного топлива СУГ должны обеспечивать избыточную величину давления насыщенных паров, равную 0,1–1,6 МПа в интервале температуры, равной 303–318 К, и его испаряемость без образования жидкого осадка при понижении давления в системе топливоподачи. Действительная величина давления зависит от соотношения бутана и пропана и его температуры окружающей среды.

Пропан и бутан извлекают из газов, выходящих из буровых скважин вместе с нефтью и газообразными фракциями, получаемыми при различных видах переработки нефтепродуктов. Критическая температура пропана равна +97 °С, а бутана +126 °С. При температуре ниже критической эти углеводороды при определенных давлениях можно перевести в жидкое состояние. Для сжижения пропана и бутана при температуре, равной +20 °С, требуется давление соответственно равное 0,73 и 0,106 МПа.

Для сохранения газа в жидком состоянии при более высоких температурах 50 °С пропан-бутановая смесь находится в газовом баллоне под избыточным давлением, равным 1–1,6 МПа.

Пропан обеспечивает оптимальную величину давления насыщенных паров в газовой смеси и является весьма желательным компонентом СУГ. Бутан относят к наиболее калорийному и легко сжижаемому компоненту СУГ.

На мировом уровне потребление СУГ ежегодно составляло 9,6 млн т СУГ, в том числе на страны Европы приходилось 2,5 млн т. В ближайшем будущем эти цифры увеличились экспоненциально. Доля автомобилей невелика и составляет в США – 0,25 %, Японии – 0,7, Нидерландах – 7,5, Бельгии – 1,73, Франции – 0,23, Дании – 2,2 и ФРГ – 0,03 %. Подобное следует объяснить высокими потребительскими качествами СУГ для других промышленных сфер и в бытовом секторе.

Перспективная структура автомобильного парка страны для работы на СУГ должна содержать 1–1,5 млн ед. упомянутых модификаций автомобилей. Количество потребляемого СУГ составит не менее 10,0 % потенциальных ресурсов СУГ России.

Газобаллонные автомобили потребляют около 25 % СУГ и занимают второе место после коммунально-бытовых потребителей, на долю которых приходится практически половина потребляемых ресурсов СУГ.

Масштабы использования СУГ для газификации населенных пунктов возросли в 30 раз по сравнению с сетевым ПГ, в том числе в малых городах в 1,3 раза, поселках городского типа – в 5 раз и сельских населенных пунктов – в 40 раз.

В настоящее время на СУГ в Москве работает 120 тыс. легковых и малотоннажных грузовых автомобилей, а также автобусов. Заправка пропан-бутаном осуществляется на 14 стационарных АГЗС. На различных стадиях их строительства находится еще 25 АГЗС. Программой предусмотрено довести число АГЗС до 95, что позволит заправлять газом 300 тыс. автомобилей (вместо 90 тыс. т в настоящее время). В 2003 г. предусмотрено ввести в эксплуатацию 30 АГЗС без привлечения бюджетных средств. Дальнейшее расширение использования этого вида моторного топлива вряд ли возможно из-за ограниченности его ресурса в стране.

При заполнении баллона СУГ необходимо оставлять определенное свободное пространство. В случае полного заполнения баллона, т.е. при отсутствии паровой подушки, даже незначительное повышение температуры газа приводит к резкому увеличению давления в баллоне. Увеличение давления в этом случае составляет 0,7 МПа на каждый градус повышения температуры СУГ. В закрытом сосуде СУГ образует двухфазовую систему, состоящую из жидкой и паровой фаз. Давление в баллоне зависит от давления насыщенных паров, которое в свою очередь зависит от температуры жидкой фазы и процентного соотношения пропана и бутана.

Суммарное давление СУГ в баллоне определяется парциальными давлениями отдельных составляющих (рис. 6).

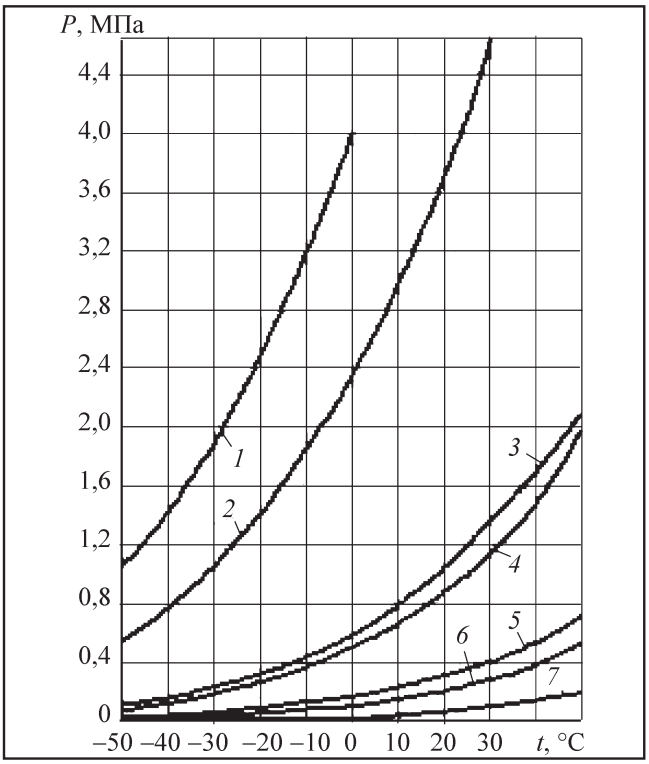

Рис. 6. *Парциальное давление отдельных компонентов СУГ: 1 – этилен; 2 – этан; 3 – пропан; 4 – пропилен; 5 – изобутан; 6 – нормальный бутан; 7 – пентан*

Избыточное давление в баллоне при отрицательных температурах окружающего воздуха обеспечивает надежную работу газовой аппаратуры и пуск холодного двигателя. Давление насыщенных паров называют давление паров в закрытом объеме в присутствии жидкой фазы. Давление насыщенных паров характеризует испаряемость СУГ. Испаряемость пропана выше, чем бутана, поэтому и давление при отрицательных температурах у него значительно выше.

При температуре окружающего воздуха выше 35 °С температура заправляемого газа не должна превышать температуру воздуха на 5 °С выше температуры воздуха. Сжатый природный газ относится к веществам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.00–76.

СУГ содержит несколько больший процент водорода, теплотворная способность которого в три раза выше углерода – основного химического элемента углеводородного топлива. Поэтому весовое значение теплотворной способности СУГ на 27,75–33,45 МДж/кг выше по сравнению с бензином. Для получения энергии требуется меньше количества СУГ, чем бензина, поэтому газ можно считать более экономичным видом топлива. Объемные соотношения теплотворной способности отличаются более существенно, но уже в пользу бензина.

Основные физико-химические, теплофизические и эксплуатационные показатели основных углеводородных газов, входящих в состав газовых топлив для автомобильного транспорта, представлены в табл. 2.

Критическая температура пропана равна +97 °С, а бутана +126 °С. Следовательно, при температуре ниже критических оба углеводорода при соответствующих давлениях можно перевести в жидкое состояние. В частности, при +20 °С для сжижения пропана и бутана требуется давление, равное соответственно 0, 73 и 0,105 МПа.

Таблица 2

Физико-химические свойства компонентов газовых топлив

Показатели	Метан	Пропан	Бутан	Водород	Пропан Бутан	Бензин
Химическая формула	CH_4	C_3H_8	C_4H_{10}	H_2	$C_3H_8 + C_4H_{10}$	C_xH_y
Молекулярная масса, кг/мол	16,04	44,10	58,12	1,02	50,9	144,0
Октановое число:						
моторный метод	100–105	105	94	70	90–94	66–85
исследовательский метод	110–115				93–113	75–95
Цетановое число	8–10	15–16	20–25	–	20–25	12–22
Углеродное число (С:Н)	2,96	4,46	4,76	–	4,9	6,0

Окончание табл. 2

Показатели	Метан	Пропан	Бутан	Водород	Пропан Бутан	Бензин
Плотность при нормальных условиях 20 °С, кг/м^3:						
газовой фазы	0,717	1,96	2,59	0,089	1,80	5,0
жидкой фазы	415	509	582	0,09	542	735
Стехиометрический коэффициент, l_o:						
массовый	17,4	15,7	15,4	34,8	15,2	14,5
объемный	9,5	23,9	30,9	2,38	27,43	58,6
Температура кипения, °С	–162	–42,2	–0,5	–253	–42	Не ниже +35
Критическая температура, °С	–162	97	152			
Границы устойчивой работы двигателя:						
$\alpha_н$	0,65...	0,4...	–	0,60...	0,5...	0,70...
$\alpha_в$	2	1,7		5,0	1,8	1,65
Теплота сгорания:						
МДж/м^3	40,07	93,1	123,1	8,52	24,3	32,56
МДж/кг		99,2	131,9	12,7	46,0	44,0
Температура самовоспламенения, °С	640–800	530–580	490–570	530–590	490–580	280
Давление насыщенных паров, МПа при:						
–20 °С	–	0,3	0,1		0,07	0,6
–35 °С	0,7	0,22	0,05	–	0,03	
+45 °С	–	2,6	0,4		1,05	
Пределы воспламеняемости в смеси с воздухом, %:						
нижний	5,28	2,3	1,8	4,0	–	1,5
верхний	15,4	9,5	8,5	74		4,7
Теплота испарения, кДж/кг	–	–	–	0,912	412	289
Предельно-допустимая	–	–	–	–	–	–
Концентрация паров, мг/м	300	300	300	–	–	100
Бензиновый эквивалент:						
1 кг ГСН/1 кг бензина	1,0	1,04	1,03	–	–	–
1 м^3 КПГ/1 л бензина		–	–			

Для хранения ГСН газобаллонные автомобили имеют баллоны (объемом до 250 л), рассчитанные на рабочее давление 1,6 МПа. Этого давления достаточно для того, чтобы поддерживать даже чистый пропан в жидком состоянии при температуре ниже +48 °С.

Под давлением собственных паров СУГ поступает из баллона в испаритель. Удельный вес для

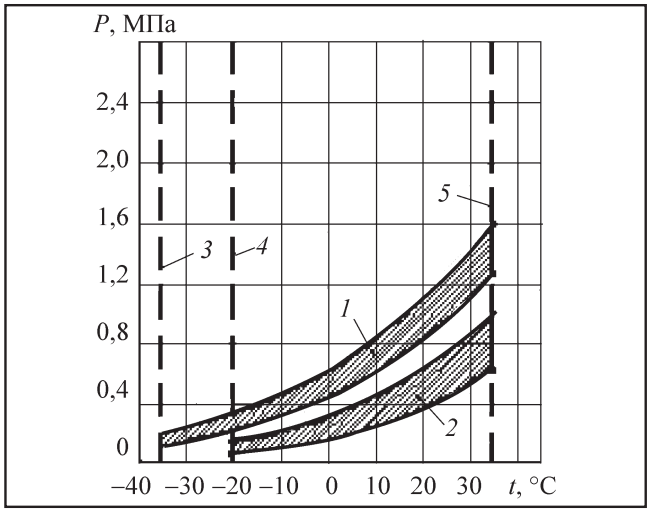

Рис. 7. *Суммарное давление СУГ в баллоне:*
1 – ПА; *2* – ПБА; *3–5* – граничные условия состояния газа

жидкой фазы СУГ сравнивают с водой при температуре 4 °С, а для газовой фазы – с воздухом при 0 °С и давлении 760 мм. рт. ст. Плотность СУГ в жидком состоянии, как и любой жидкости, зависит не от давления, а в основном от его температуры.

Плотность сжиженных газов практически не зависит от давления, но зависит от температуры. Коэффициент объемного расширения бутана С4Н10 и пропана С3Н8 в 11 и 16 раз выше, чем воды. Значительное расширение сжиженных газов при нагревании учитывают при определении требуемого объема паровой подушки.

Суммарное давление СУГ в баллоне приведено на рис. 7.

Топливо ПА содержит не менее 80 % пропана в смеси с небольшим количеством непредельных углеводородов (пропиленом). Пропан обеспечивает наибольшее давление насыщенных паров, обеспечивающее нормальную работу двигателя в зимних условиях.

Смесь ПБА соответствует требованиям стандарта по давлению паров (при +45 °С не более 1,6 МПа), представляет собой всесезонную марку топлива для ГБА.

СУГ содержит преимущественно бутан, пропан и их смеси. Упомянутые углеводороды являются побочным продуктом, отбираемым из газообразных фракций при различной переработке нефти, а также извлекаются из газов, выходящих из буровых скважин, вместе с нефтью. СУГ содержит небольшое количество этана и пропилена.

Пропан обеспечивает оптимальную величину давления насыщенных паров в газовой смеси и является весьма желательным компонентом СУГ.

Бутан относят к наиболее калорийному и легко сжижаемому компоненту. СУГ используется в сжиженном состоянии при давлении 0,07–1,6 МПа. Действительная величина давления зависит от соотношения бутана и пропана и температуры окружающей среды. В перспективе удельный вес СУГ и КПГ в структуре топливно-энергетического баланса АТ может составить 10 и 30 % соответственно.

Минимальная энергия зажигания метана, пропана и бензина составляет соответственно 0,28, 0,25 и 0,15 мДж, поэтому они воспламеняются хуже. Максимальное давление метана в замкнутом объеме при начальной величине давления 0,1 МПа достигает 0,7 МПа. Эта величина меньше по сравнению с величинами, характерными для других углеводородов, но достаточна для разрушения сооружения.

При заполнении баллона СУГ необходимо оставлять определенное свободное пространство. В случае полного заполнения баллона, т.е. при отсутствии паровой подушки, даже незначительное повышение температуры газа приводит к резкому увеличению давления в баллоне. Увеличение давления в этом случае составляет 0,7 МПа на каждый градус повышения температуры СУГ. Суммарное давление СУГ в баллоне определяется парциальными давлениями отдельных составляющих. Избыточное давление в баллоне при отрицательных температурах окружающего воздуха обеспечивает надежную работу газовой аппаратуры и пуск холодного двигателя.

СУГ содержит несколько больший процент водорода, теплотворная способность которого в три раза выше углерода–основного химического элемента углеводородного топлива. Поэтому весовое значение теплотворной способности СУГ на 650–800 ккал/кг выше, чем у бензина. Для получения энергии требуется меньше количества СУГ, чем бензина, поэтому газ можно считать более экономичным видом топлива. Однако объемные соотношения теплотворной способности отличаются более существенно в пользу бензина.

Для хранения СУГ газобаллонные автомобили имеют баллоны (объемом до 250 л), рассчитанные на рабочее давление 1,6 МПа, которого достаточно

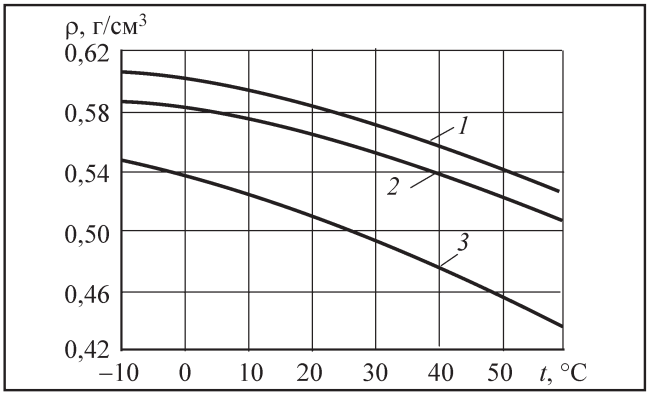

Рис. 8. *Зависимость между удельным весом компонентов СУГ и температурой окружающей среды: 1 – бутан; 2 – изобутан; 3 – пропан*

для того, чтобы поддерживать даже чистый пропан в жидком состоянии при температуре ниже 321 К.

Изменение удельного веса компонентов СУГ от температуры показано на рис. 8.

По мере повышения температуры происходит уменьшение удельного веса компонентов из-за теплового расширения (увеличение объема). Разница удельных весов жидкого бутана в зоне рабочих температур может достигать 13 %, а у пропана – 20 %.

Под давлением собственных паров СУГ поступает из баллона в испаритель. Плотность СУГ в жидком состоянии, как и любой жидкости, зависит не от давления, а в основном от его температуры.

По мере повышения температуры происходит уменьшение удельного веса компонентов из-за теплового расширения (увеличение объема). Разница удельных весов жидкого бутана в зоне рабочих температур может достигать 13 %, а у пропана – 20 %.

Для получения гарантированных эксплуатационных качеств ГБА в систему топливоподачи необходимо вводить температурную коррекцию. При нормальной температуре 15 °С удельный вес жидкости пропана составляет 0,510, а бутана – 0,585.

Удельный вес пропана в газовой смеси составляет 1,567 кг/м^3, а бутана – 2,46 кг/м^3 . На открытом воздухе из 1 кг жидкого пропана образуется около 0,5 м^3 газа, а из жидкого бутана – 0,25 м^3.

Относительный вес основных компонентов СУГ по воздуху составляет для пропана – 1,25, для бутана – 1,9. Последнее характеризует способность СУГ скапливаться в искусственных (осмотровые канавы и траншеи, приямки) и естественных углублениях, а также на поверхности земли, образуя взрывоопасную смесь.

Нижний предел воспламеняемости пропана и бутана, характеризующий его взрыво- и пожароопасность, составляет 2,46 и 1, 86 % соответственно.

При полном сгорании ГСН превращается в углекислый газ и пары воды [5]. В этом случае происходят следующие химические процессы:

$$C_3H_8 + 5O_2 = 3CO_2 + 4H_2O, \quad (5)$$

$$C_4H_{10} + 6{,}5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O. \quad (6)$$

Для полного сгорания пропана на одну молекулу требуется 5 молекул кислорода, а для полного сгорания бутана – 5 молекул кислорода. Поскольку содержание кислорода в воздухе составляет 21 %, то для полного сгорания 1 м^3 пропана требуется 24 м^3 воздуха, а для полного сгорания бутана – 31 м^3. По сравнению с бензином для ГСН требуется несколько большее количество воздуха.

Концентрационные пределы характеризуются коэффициентом (степенью) риска ($P_г$) применения газового топлива.

Он характеризует численное значение коэффициента риска. Чем выше значение, тем выше степень риска. Для получения гарантированных эксплуатационных качеств ГБА в систему топливоподачи вводят температурную коррекцию. При нормальной температуре 15 °С удельный вес жидкого пропана составляет 0,51, а бутана – 0,586.

Удельный вес испаренного пропана и бутана заметно больше воздуха. Для пропана в газовой фазе он составляет 1,587 кг/м^3, а бутана – 2,46 кг/м^3. На открытом воздухе из 1 кг жидкого пропана образуется около 0,5 м^3 газа, а из жидкого бутана – 0,25 м^3.

Относительный вес основных компонентов СУГ по воздуху составляет для пропана 1,25, для бутана – 1,9. Последнее характеризует способность СУГ скапливаться в искусственных (осмотровых канавах и траншеях, приямках) и естественных углублениях, а также на поверхности земли, образуя взрывоопасную смесь.

Нижний предел воспламеняемости пропана и бутана, характеризующий его взрыво- и пожароопасность составляет 2,46 и 1,8 % соответственно.

Таблица 3

Моторные и эксплуатационные свойства газового топлива

Показатели	Вид топлива					
	Метан	Пропан	Бутан	Водород	Пропан-бутан	Бензин
Химическая формула	CH_4	C_3H_8	C_4H_{10}	H_2	$C_3H_8 + C_4H_{10}$	C_xH_y
Молекулярная масса, г/мол	16,04	44,10	58,1	1,02	50,9	144,0
Максимальная скорость сгорания, М/с	0,34	0,46	0,38	25	0,45	0,48
Температура горения, К	2065	2240	2245	2459	2150	2335
Степень сжатия	12:1	11:1	8:1	–	10:1	9:1
Условия хранения на автомобиле (давление, температура), МПа	20	1,6	1,6	–	1,6	Нормальное
Теплота испарения, кДж/кг	510	–	–	0,90	412	297
Топливный эквивалент:	–	–	–	–	–	
ГСН: $кг_{снг}/кг_{бен}$						1,017
КПГ: $м^3_{спг}$ / $л_{бен}$						1,07
$м^3_{снг}$ / $кг_{бен}$						0,79
$кг_{снг}/кг_{диз}$						–
Уменьшение мощности двигателя при неизменной степени сжатия, %	15–18	5–7	5–7	–	5–7	–
Удельная энергия, отнесенная к массе топливной тары, кДж/кг	200	–	–	–	3170	5020
Запас хода автомобиля по отноношению к базовому, %	40	100	100	100	40	100

Показатели качества газовых топлив. Качественные показатели СУГ и КПГ должны быть такими, чтобы при их использовании на газобаллонных автомобилях обеспечивалось получение высоких технико-эксплуатационных качеств газовых автомобилей (табл. 3).

Применяемые в качестве автомобильного топлива СУГ должны обеспечивать: избыточное давление насыщенных паров, равное 0,1–1,6 МПа в интервале температур 30–45 °С; хорошую его испаряемость без образования жидкого осадка при понижении давления в газовой системе питания двигателя.

Одоризация газа применяется для определения возможных его утечек органами обоняния человека. При массовой доле меркаптановой серы менее 0,001 % СУГ должны быть одорированы. Во время эксплуатации автомобиля одорант может накапли-

Таблица 4

Марки сжиженного нефтяного газа

Марка	Наименование	Код ОКП
ПА	Пропан автомобильный	02 7239 0501
ПБА	Пропан-бутан автомобильный	02 7239 0502

ваться в топливоподающей аппаратуре, выпускном тракте автомобиля и на открытых поверхностях деталей. Выделение одоранта может происходить даже при полностью герметичной газовой системе питания при заправке автомобиля, сливе конденсата из редуктора и отработавшими газами. Попадание одоранта в салон автомобиля происходит из атмосферы на стоянках через открытые окна и двери, что может вызвать ухудшение состояния человека. Сернистые соединения одоранта и газового топлива снижают долговечность работы редуктора из-за старения мембран, резиновых уплотнений и вызывают коррозию трубопроводов. Запах одоранта из выпускного трубопровода сильно ощущается при повышенной токсичности ОГ. В случае нормальной токсичности запах одоранта практически не ощущается.

Основные показатели двух марок сжиженных углеводородных газов, выпускаемых промышленностью в соответствии с ГОСТ 27578–87 для газобаллонных автомобилей, приведены в табл. 4.

Марка газа ПБА допускается к применению во всех климатических районах при температуре окружающего воздуха не ниже –20 °С. Марка ПА применяется в зимний период в тех климатических районах, где температура воздуха опускается ниже –20 °С и рекомендуется температурный интервал ее применения от – 20 °С до –35 °С.

Основные показатели сжиженных углеводородных газов, выпускаемых промышленностью в соответствии с ГОСТ 27578–87 для газобаллонных автомобилей, приведены в табл. 5.

При массовой доле меркаптановой серы менее 0,001 % сжиженные газы должны быть одорированы. Непредельные углеводороды направляют на нефтехимическое производство, а для автомобильного транспорта поступают только предельные углеводороды. Сжиженные газы при сжигании в двигателе полностью сгорают в двуокись углерода.

Нормирование расхода топлива для газобаллонных автомобилей. При нормировании расхода топлива используются линейные нормы и надбавки к ним, периодически пересматриваемые и утверждаемые в установленном порядке. Линейные нормы расхода топлива для газобаллонных автомобилей приведены для транспортных средств. Для автомобилей и автобусов, выполняющих транспортную работу, учитываемую в тонно-километрах, норма расхода топлива увеличивается по сравнению с линейными нормами на каждые 100 тыс. км: на 2,5 л при работе на СУГ; на 2,0 л при работе на бензине; 1,3 л при работе газодизельных автомобилей на дизельном топливе плюс 0,25 л дизельного топлива при работе в газодизельном режиме.

Для автомобилей, использование которых допускается с почасовой оплатой, норма расхода топлива увеличивается на 10 % по отношению к линейной.

Для автомобилей-самосвалов дополнительно устанавливается расход топлива на каждую ездку с грузом: СУГ – 0,3 л; бензина – 0,25 л. Линейные нормы расхода топлива газобаллонных автомобилей на 100 км пробега увеличиваются (уменьшаются): на 2,5 л при работе на СУГ; на 2,0 л при работе на бензине; на 1,3 л при работе газодизельных автомобилей на дизельном топливе плюс 0,25 л дизельного топлива при работе в газодизельном режиме соответственно на каждую тонну собственной массы прицепов (для бортовых автомобилей и седельных тягачей); каждую тонну увеличения или снижения массы специализированного автомобиля против базового (при установке специализированных кузовов на бортовые автомобили).

При утилизации газа (сварочные и малярные работы, а также ремонт арматуры баллонов) газовое топливо списывается по акту за подписью главного инженера АТП.

Применение бензина или дизельного топлива для газобаллонных автомобилей рекомендуется только в следующих случаях: при израсходовании газового топлива для следования автомобиля до заправки; при нарушении работоспособности или негерметичности газовой системы питания; при невозможности заправки автомобиля газовым топливом; при запуске двигателя при температурах окружающей среды ниже 0 °С и отсутствии на АТП средств тепловой подготовки двигателей; в случаях, предусмотренных технологическими процесса-

Таблица 5

Показатели качества сжиженных углеводородных газов

Наименование показателя	Норма для марки		Метод испытания
	ПА	ПБА	
1. Массовая доля компонентов, %:			ГОСТ 10679–75
сумма метана , этана	Не нормир.	Не нормир.	
пропан	90±10	50±10	
сумма C_4 и выше	Не нормир.	Не нормир.	
сумма непредельных углеводородов, не более	6	6	
2. Объемная доля жидкого остатка при плюс 40 °С, % не более	Отсутствие	Отсутствие	По п.3.2. По п.3.3
3. Давление насыщенных паров избыточное, МПа, при температуре:			
+45 °С, не более	–	1,6	
+25 С, не менее	–	0,07	
–35 °С, не менее	0,07	–	
4. Массовая доля серы и сернистых соединений, % не более:	0,01	0,01	ГОСТ 22985–78 или ГОСТ 11382–75
в том числе сероводорода, не более	0,003	0,003	
5. Содержание свободной воды и щелочи	Отсутствие	Отсутствие	По 3.4

ми технического обслуживания и ремонта газобаллонных автомобилей.

Для запуска холодного двигателя установлена норма 0,4 л на один запуск. Бензин выдается с введением зимних норм расхода топлива. Прогрев двигателя осуществляется на бензине. Выделение теплоты на единицу массы газа несколько больше по сравнению с бензином. Однако выделение теплоты на единицу горючей смеси оказывается несколько меньше. При нормировании СУГ учитывают ряд особенностей работы газобаллонной установки. Они связаны с технологическими потерями газа в процессе эксплуатации. Это потери при выработке газа из системы питания и потери по технологическим причинам при заправке автомобиля.

Между объемным расходом бензина и СУГ установлена экспериментальная зависимость:

$$Q_{газ} = Q_{бенз} \cdot A, \text{ л}/100 \text{ км}, \qquad (7)$$

где A – переводной коэффициент, равный 1,15–1,25.

Норма расхода бензина в зимних условиях эксплуатации составляет 2 % от расхода СУГ. В процессе нормирования ГСН необходимо учитывать температурные условия. С увеличением темпера-

туры окружающей среды энергетический запас СУГ в баллоне заметно уменьшается. Базовый уровень энергетического запаса газового баллона соответствует температуре, равной +20 °С. Изменение температуры СУГ на 50 °С (от +20 до –30 °С) ведет к увеличению энергетического запаса газового баллона автомобиля на 11 %.

Удельная масса жидкого пропана при температурном перепаде 50 °С увеличивается на 16 %, а бутана – на 11 %. Поэтому при заправке СУГ и замере его объемным способом газовые счетчики должны быть оборудованы устройствами для температурной коррекции.

При расчетах замещение бензина СУГ в соответствии с топливным эквивалентом 1 т СУГ замены 1,017 т бензина.

Для измерения эксплуатационного расхода СУГ наибольшее распространение получил метод максимального заполнения полезного объема газового баллона, составляющего 90 % от его полного объема. Заправка прекращается при появлении жидкой фазы в контрольном клапане газового баллона. В этом случае расход газа автомобилем определяется путем полного израсходования СУГ из баллона.

Промышленностью в ограниченном количестве выпускаются газовые счетчики объемного типа модели УИЖГ – 20М; УНЖГ – 125, УСГ – 40; ПХУ – 25 – М16.

Учет расхода СУГ имеет ряд сложностей. Указатель газа в баллоне является контрольным, а не измерительным прибором. Погрешность его показаний достигает 20 % и более. Количество СУГ замеряют весовым или объемным способом.

Весовой способ, хотя и более точен, является трудоемким, так как необходимо снятие баллона с автомобиля и последующее его взвешивание. В эксплуатационных условиях количество СУГ определяют объемным способом.

При объемном способе измерения расхода СУГ баллон вначале полностью заправляют газом. При полной выработке газа из баллона количество его определяют по полезному объему баллона в соответствии с паспортными данными. Удельный расход ГСН в этом случае определяют как отношение полезного объема баллона к пробегу автомобиля.

Частичное расходование СУГ из баллона можно определить по счетчику АГЗС во время дозаправки автомобиля. Количество дозаправленного топлива, отнесенное к пробегу автомобиля, представляет собой объемный расход СУГ в л/100 км.

Ресурсы СУГ в стране достаточны для обеспечения значительного парка НТС. Применение СУГ в качестве моторного топлива обеспечивает получение высоких экологических и топливно-экономических качеств современных НТС. Предложенную программу ЦКП можно представить в качестве организующего звена масштабной работы применения АВТ в качестве моторного топлива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ерохов В.И. и др.** Перспективы использования природного газа на автомобильном транспорте. Журнал Автодорожник Украины. 1981. № 2. С. 21–23.

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

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

4. **Система** питания на природном газе EcoFuel "Touran" и "Caddy". Volswagen Group Academy.file 74755.2009, № 373. 49 с.

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

УДК 621.436

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВОПОДАЧЕЙ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.В. Фурман, д-р техн. наук;
С.В. Плахов, ООО "ППП Дизельавтоматика", г. Саратов;
В.А. Марков, д-р техн. наук; **Л.Л. Мягков,** канд. техн. наук,
А.Ю. Апришкин, МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Показаны преимущества использования газообразных топлив. Рассмотрены особенности работы дизельных двигателей, адаптированных к работе на природном газе. Описана разработанная система электронного управления топливоподачей дизельных и газодизельных двигателей. Рассмотрено направление совершенствования системы электронного управления топливоподачей этих двигателей, заключающееся в повышении надежности работы системы электронного управления топливоподачей.

Ключевые слова: *дизельный двигатель; газодизельный двигатель; дизельное топливо; природный газ; система топливоподачи; электронная система управления.*

IMPROVEMENT OF ELECTRONIC CONTROL SYSTEM FUEL GAS DIESEL ENGINE

Furman V.V., Dr. of technical sciences;
Plakhov S.V., LLC "PPP Dieselautomatica"; **Markov V.A.,** Dr. of technical sciences; **Myagkov L.L.,** Ph.D. of technical sciences;
Apriskin A.Yu., MGTU im. N.E. Bauman, Moscow

Advantages of using gaseous fuels are shown. Operational features of diesel engines fitted to use natural gas as a fuel have been considered. The developed electronic system of fuel supply control in diesel engine and gas diesel engines are characterized. Considered the direction of improving the system of electronic fuel control, these engines consists in increasing the reliability of the electronic fuel control.

Keywords: *diesel engine; gas diesel engine; diesel fuel; natural gas; fuel system; electronic control system.*

Альтернативные топлива, применяемые в двигателях внутреннего сгорания, можно разделить на две большие группы – жидкие и газообразные (газовые) топлива [1–3]. Особенность использования газообразных топлив заключается в том, что они находятся в одном агрегатном состоянии с окислителем – воздухом. Это облегчает организацию смесеобразования, позволяет получить гомогенную топливовоздушную смесь, обеспечить ее полное сгорание. Предотвращается попадание топлива на стенки цилиндра и в моторное масло, что имеет место при использовании жидких топлив. Это позволяет снизить износ деталей двигателя и увеличить срок службы моторного масла. Но при переводе двигателей внутреннего сгорания на газообразные топлива в их конструкцию, как правило, необходимо внести дополнительные конструктивные изменения, связанные с необходимостью организации рабочего процесса двигателя, обеспечивающего требуемые показатели качества процессов самовоспламенения и сгорания этих топлив.

Наиболее известным газовым топливом является природный газ. Уникальные свойства, значительные естественные запасы, развитая сеть транспортировки газа по газопроводам и экологические преимущества в сравнении с нефтяными топливами позволяют рассматривать природный газ как наиболее перспективное моторное топливо. Его применение целесообразно, в первую очередь, на автомобильном транспорте – основном потребителе моторных топлив. В Германии планируется к 2020 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 20 % от всего автомобильного парка [2]. Это топливо используется в судовых дизелях, дизель-генераторных и мотокомпрессорных установках, других стационарных двигателях [4–6]. Целесообразно его применение и на железнодорожном транспорте [7–9].

При конвертации двигателей внутреннего сгорания на природный газ предпочтительно использовать дизельные двигатели, отличающиеся высокой степенью сжатия и работающие с увеличенным по сравнению с бензиновыми двигателями коэффициентом избытка воздуха. Это позволяет повысить эффективность сжигания природного газа, получить улучшенные показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов. Но при переводе дизельных двигателей на газообразные топлива возникает проблема обеспечения надежного воспламенения газовоздушной смеси в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов транспортного двигателя. Это обусловлено тем, что температура самовоспламенения нефтяных дизельных топлив составляет 230–300 °С (в зависимости от марки топлива), а природный газ (метан) имеет температуру самовоспламенения 540 °С. Поэтому температура конца сжатия T_c может оказаться недостаточной для самовоспламенения рабочей смеси. Одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы является реализация газодизельного цикла, в котором воспламенение газовоздушной смеси осуществляется от запальной дозы дизельного топлива [2].

Важнейшим параметром газодизельных двигателей является запальная доза дизельного топлива (ДТ). В автомобильных и тракторных двигателях,

работающих на номинальном режиме, эту запальную дозу стремятся снизить до 5–10 %. Однако в дизелях небольшой размерности она обычно увеличивается до 20–25 % [2]. Это связано с необходимостью охлаждения распылителей форсунок распыливаемым топливом в целях предотвращения закоксовывания распылителей и выходу их из строя. В то же время, с точки зрения более полного замещения нефтяного ДТ, его запальную дозу желательно уменьшать. Альтернативой газодизельным двигателям с воспламенением рабочей смеси от запальной дозы ДТ являются газовые двигатели с воспламенением смеси от постороннего источника – свечи зажигания. Но следует отметить, что такая организация рабочего цикла требует значительного увеличения энергии для искрообразования по сравнению с традиционными бензиновыми двигателями.

Реализация указанных потенциальных преимуществ газовых и газодизельных двигателей невозможна без точного управления параметрами топливоподачи – цикловыми подачами газового и дизельного топлив, фазами топливоподачи, давления подачи. Эти параметры должны быть оптимальными для каждого эксплуатационного режима работы двигателя. Такое многофункциональное взаимосвязанное управление параметрами топливоподачи газодизельных двигателей целесообразно осуществлять с использованием современных электронных систем автоматического управления (САУ) и систем автоматического регулирования (САР) [9–12].

Производственно-промышленное предприятие "Дизельавтоматика" (г. Саратов) на протяжении многих лет занимается разработкой, изготовлением, исследованием, доводкой и внедрением различных САР и САУ [10–12]. При этом разработаны различные варианты таких систем для ряда тепловозных дизелей, а также для дизелей автотракторного назначения. Ряд систем управления создан для дизелей, работающих на альтернативных топливах, в частности, на природном газе.

Первыми промышленными САР и САУ топливоподачей тепловозных дизелей являлись системы управления, воздействующие на дозирующую рейку топливного насоса высокого давления (ТНВД). Однако эти системы обладают ограниченными возможностями, поскольку не позволяют воздействовать на характеристику топливоподачи (закон подачи топлива и фазы подачи), которая определяется, в основном, профилем кулачка кулачкового вала ТНВД и гидравлическими характеристиками линии высокого давления системы топливоподачи. Воздействие на характеристику топливоподачи можно реализовать при использовании более совершенных электронных систем с импульсным управлением топливоподачей. В этом случае управление осуществляется посредством быстродействующего электрогидравлического клапана, установленного в магистрали высокого давления. Топливо после этого клапана непосредственно подается в цилиндры двигателя в такте сжатия, поэтому запаздывание сведено к минимуму.

Для тепловозного дизеля Д50 (6 ЧН 31,8/33) производства ОАО "Пензадизельмаш" разработана конструкция и изготовлен комплект электроуправляемых насосов 4ЭТН.03 с электрогидравлическими клапанами (рис. 1). Электрогидравлические клапаны управляются с использованием сигналов от электронного блока. В состав системы электронного управления с импульсной топливоподачей входят также комплект датчиков и комплект монтажных изделий.

Для систем электронного управления с импульсным управлением электрогидравлическим клапаном тепловозных дизелей 12 ЧН 26/26 и Д50 разработана система ЭСУВТ.01 (рис. 2). Первоначально работу этой системы проверяли в составе дизеля типа 12 ЧН 26/26 на стенде экспериментального кольца ВНИИЖТ. Система электронного управления ЭСУВТ.01 прошла испытания в составе тепловозного дизеля Д50 на дизель-генераторном стенде ОАО "Пензадизельмаш". Получены следующие результаты, которые можно считать преимуществами по сравнению с серийной системой топливоподачи:

– расход топлива снизился на 3,5–17 % при частоте вращения коленчатого вала двигателя n = = 300–330 мин$^{-1}$;

– расход топлива уменьшился на 0,9 % при частоте вращения коленчатого вала двигателя n = = 400–480 мин$^{-1}$;

– снижение минимально-устойчивой частоты вращения вала дизеля до n = 240 мин$^{-1}$ на нулевой позиции контроллера позволило снизить часовой расход топлива на 34,3 %, не ухудшая при этом показателей токсичности ОГ;

– установка оптимальных УОВТ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала дизеля позволила снизить удельный расход топлива на 1,7–14,4 % на всех позициях контроллера;

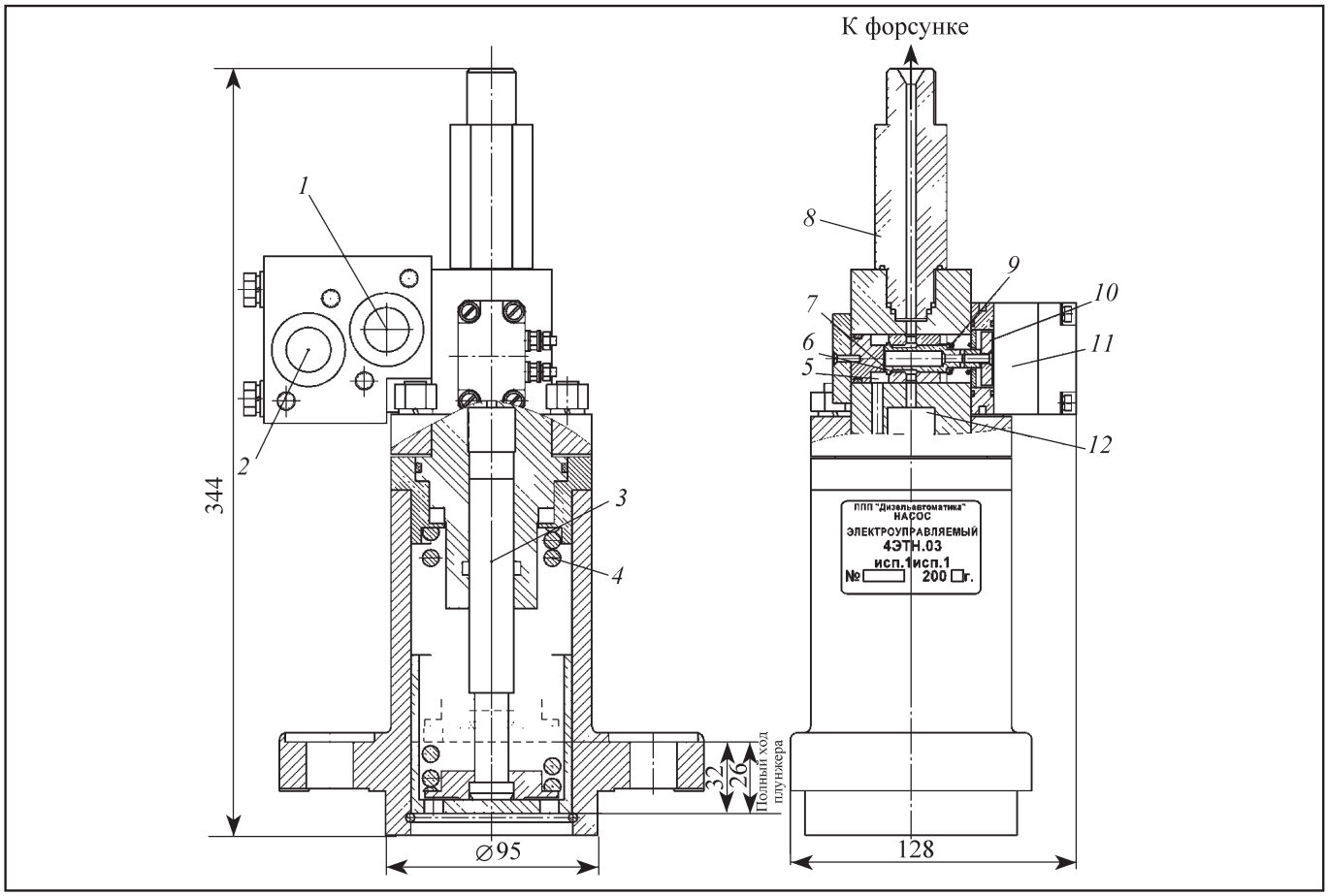

Рис. 1. *Общий вид электроуправляемого топливного насоса 4ЭТН.03 с электромагнитным клапаном управления подачей топлива:*
1 – подвод топлива; *2* – отвод топлива; *3* – плунжер; *4* – пружина плунжера; *5* – линия низкого давления ТНВД; *6* – клапан; *7* – кромка клапана; *8* – штуцер ТНВД; *9* – возвратная пружина; *10* – якорь; *11* – электромагнит; *12* – надплунжерная полость

– уровень воздушного шума, исходящего от двигателя, снижен на 1–11 дБ в зависимости от точек местонахождения измерительного прибора.

Установлено, что по сравнению с серийной системой топливоподачи, в которой режим холостого хода соответствует частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 300$ мин$^{-1}$, снижение частоты вращения холостого хода до $n = 250$ мин$^{-1}$ позволяет получить экономию топлива более 31 %, а снижение частоты вращения холостого хода до $n = 220$ мин$^{-1}$ – до 37 %. Исследуемый дизель Д50 с электронной системой управления ЭСУВТ.01 удовлетворяет требованиям ГОСТ Р 51249–99 по выбросам оксидов азота, монооксида углерода и несгоревших углеводородов.

Таким образом, по сравнению со штатной системой топливоподачи разработанная система электронного управления с импульсным управлением электрогидравлическим клапаном обладает большей эффективностью – ее установка на тепловозный дизель позволяет более точно дозировать подачу топлива, реализовать оптимальные характеристики угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ) в зависимости от частоты вращения вала двигателя и нагрузки на двигатель, снизить минимально-устойчивую частоту вращения дизеля. Это было подтверждено при испытаниях системы электронного управления топливоподачей тепловозного дизеля типа Д50, разработанной производственно-промышленным предприятием "Дизельавтоматика" (г. Саратов).

Описанная система топливоподачи с системой управления топливоподачей может быть использована как в двигателе, работающем по дизельному

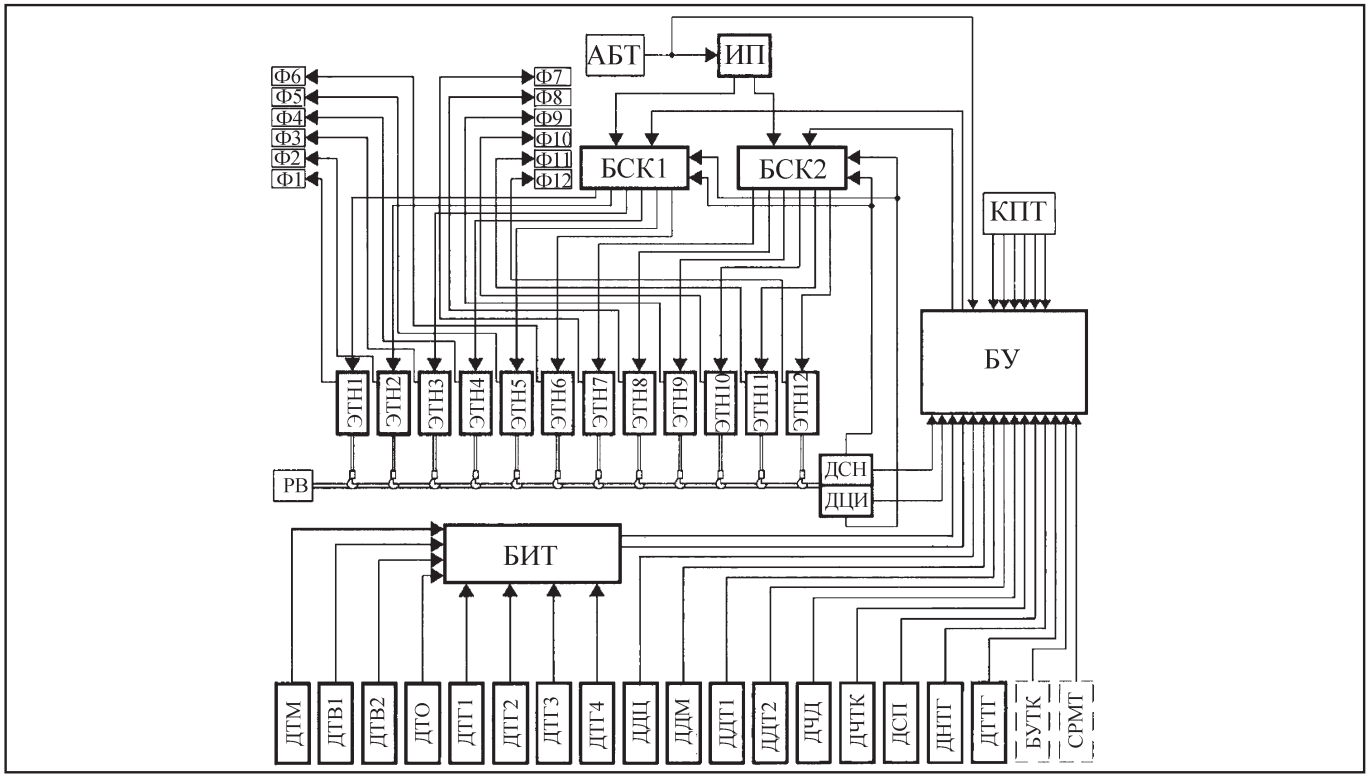

Рис. 2. *Структурная схема системы электронного управления топливоподачей ЭСУВТ.01:*
ДДМ – датчик давления масла; ДДЦ – датчик давления в цилиндре; ДДТ1, ДДТ2 – датчики давления на входе и на выходе из турбокомпрессора; ДНТГ – датчик напряжения тягового генератора; ДСН – датчик синхронизации; ДСП – датчик скорости поезда; ДТВ1–ДТВ2 – датчики температуры охлаждающей жидкости; ДТГ1...ДТГ4 – датчики температуры ОГ; ДТМ – датчик температуры масла; ДТО – датчик температуры окружающей среды; ДТТГ – датчик тока тягового генератора; ДЧД – датчик частоты вращения дизеля; ДЧТК – датчик частоты вращения турбокомпрессора; ДЦИ – датчик цилиндровых импульсов; АБТ – аккумуляторная батарея тепловоза; БИТ – блок измерения температуры; БУТК – блок управления турбокомпрессором; БСК1, БСК2 – блоки силовых ключей; БУ – блок управления; ИП – источник питания; КПТ – контроллер позиций тепловоза; РВ – распределительный вал; СРМТ – система регулирования мощности тепловоза; Ф1–Ф12 – форсунки; ЭТН1–ЭТН12 – электроуправляемые топливные насосы высокого давления

циклу, так и по газодизельному циклу. Во втором случае она осуществляет управление подачей запальной дозой нефтяного дизельного топлива. Еще раз отметим конструктивные особенности разработанной системы электронного управления топливоподачей типа ЭСУВТ.01 (рис. 3). Она включает насосную секцию топливного насоса высокого давления с плунжером, приводимым от кулачка кулачкового вала (на рис. 3 эти элементы ТНВД не показаны). При движении плунжера топливо вытесняется в надплунжерную полость *8*, в которой установлен электронно-управляемый клапан *2*. При нахождении клапана *2* в крайнем левом положении надплунжерная полость *8* сообщена с линией *1* низкого давления ТНВД. Электронно-управляемый клапан *2* соединен с якорем *6* электромагнита *7*. В требуемый момент времени на электромагнит *7* подается управляющий сигнал от электронного блока управления системы типа ЭСУВТ.01, и якорь *6* притягивается к электромагниту. При этом клапан *2* смещается вправо и своей кромкой *3* разобщает надплунжерную полость *8* с линией *1* низкого давления ТНВД. Далее топливо под высоким давлением вытесняется в штуцер *4* топливного насоса, откуда по нагнетательному топливопроводу подается к форсунке, которая впрыскивает топливо в цилиндр дизеля. Использование клапана *2* (рис. 3) для управления фазами начала и окончания подачи топлива позволяет гибко управлять топливоподачей. В частности, при этом появляется возможность реализации сложных законов управления УОВТ в соответствии с изме-

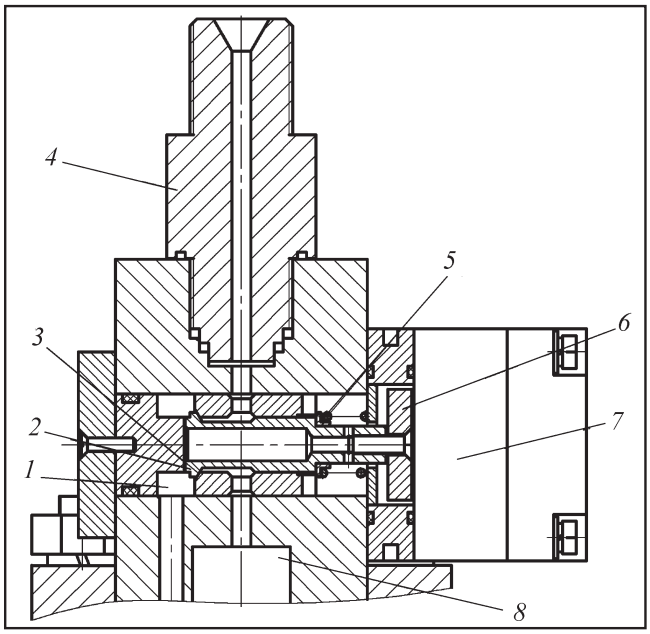

Рис. 3. *Конструктивная схема топливного насоса высокого давления с электромагнитным клапаном управления подачей топлива:*
1 – линия низкого давления ТНВД; *2* – клапан; *3* – кромка клапана; *4* – штуцер ТНВД; *5* – возвратная пружина; *6* – якорь; *7* – электромагнит; *8* – надплунжерная полость

нениями скоростного и нагрузочного режимов работы дизеля.

Следует отметить сложные условия работы электронно-управляемого клапана *2* (рис. 3) системы типа ЭСУВТ.01, характеризующиеся высокой цикличностью его перемещений и большими контактными напряжениями на кромке *3* клапана, а также усталостных напряжений в винте его крепления. При этом момент затяжки винта М4 с конической головкой составляет 2,6–3 Н·м. В ряде случаев это может приводить к отрыву головки винта клапана (рис. 4). В связи с этим определенный интерес представляет направление совершенствования рассматриваемой системы электронного управления топливоподачей, заключающееся в повышении надежности ее работы.

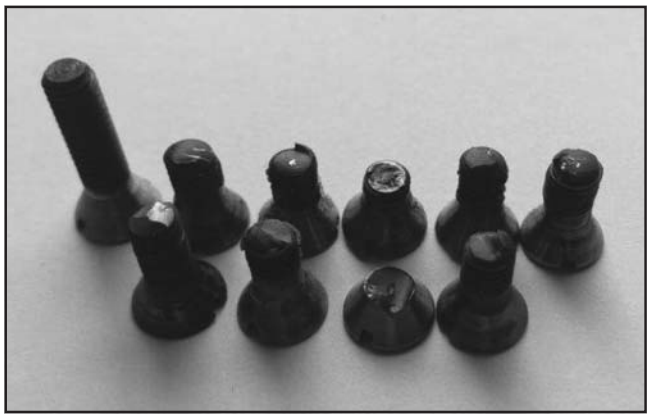

Рис. 4. *Картина разрушения (отрыва) головки винта М4 электронно-управляемого клапана*

Постановка задачи и исходные данные

Цель исследования – выяснение расчетным путем причины разрушения винта крепления якоря электронно-управляемого клапана топливного насоса высокого давления. Основной задачей такого исследования является моделирование работы этого клапана в 3D постановке. Эскиз установки клапана в копрусе представлен на рис. 5.

Исходными данными для расчетных исследований являются:

– ход затвора – 0,3 мм;

– усилие пружины – 10 кгс (98 Н);

– максимальное усилие электромагнита вначале хода затвора на закрытие – 40 кгс (392 Н);

– винт длиной 16 мм с резьбой М4;

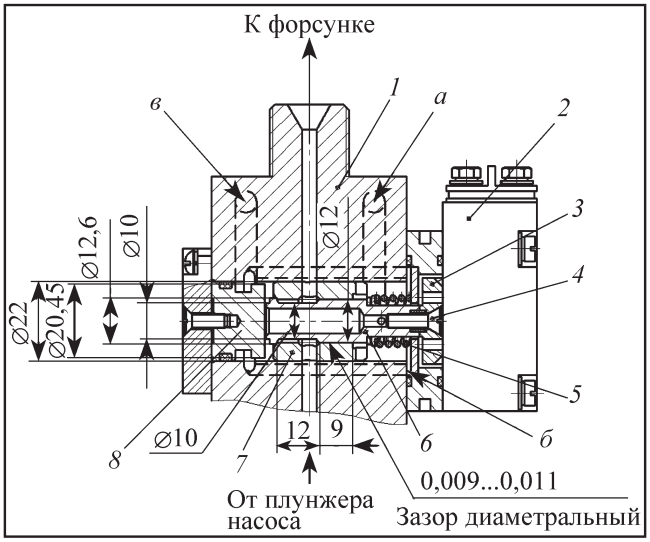

Рис. 5. *Эскиз установки электрогидравлического клапана в корпусе:*
1 – корпус клапана; *2* – электромагнит; *3* – якорь; *4* – винт; *5* – пружина; *6* – затвор; *7* – втулка; *8* – упор; *а* – отверстие ∅6 мм для подвода топлива от топливоподкачивающей системы; *б* – четыре дренажных (сообщающих) отверстия ∅3 мм; *в* – отверстие ∅6 мм для отвода топлива в сливную полость топливоподкачивающей системы

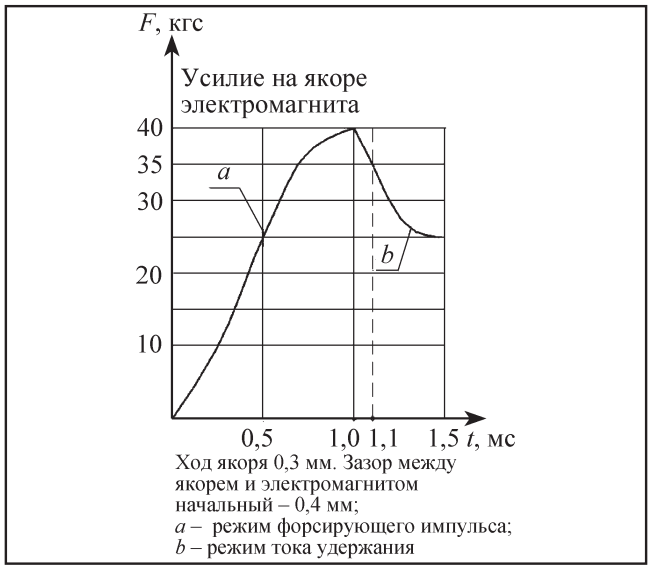

Рис. 6. *График усилия на якоре электромагнита*

– материал винта – сталь 40Х с твердостью 33–38 HRC;

– свойства указанных материалов.

Для моделирования работы клапана в динамической постановке использован график усилия на якоре электромагнита, представленный на рис. 6.

Для выполнения поставленной цели исследования поставлены следующие задачи:

– Расчет напряженно-деформированного состояния винта от монтажных усилий.

– Расчет напряженно-деформированного состояния винта в статической постановке.

– Оценка запаса циклической прочности винта с резьбой М4.

Расчетная схема

Расчетная твердотельная модель состоит из якоря, винта, кольца, затвора, двух шайб и упора. Заданы условия контактного взаимодействия между указанными элементами. При моделировании работы клапана в статической постановке в качестве нагрузок на клапане рассмотрены максимальная сила на якоре от электромагнита и сила сжатия пружины. Втулка затвора заменяется соответствующими ограничениями перемещений. Свободными остаются только перемещения по оси Z. Расчетная схема сил, действующих на винт якоря, представлена на рис. 7.

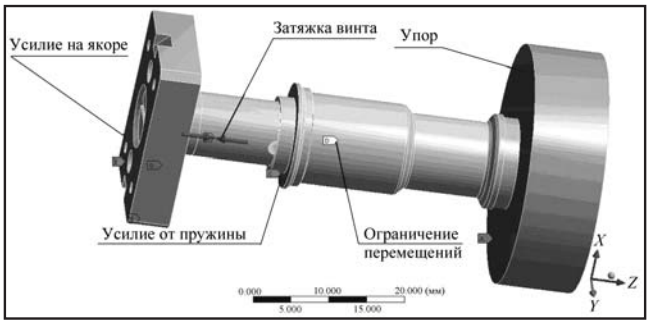

Рис. 7. *Принятая расчетная схема электрогидравлического клапана*

Результаты расчета

Конечно-элементная модель электрогидравлического клапана состоит из порядка 490 тыс. элементов (рис. 8). В зонах концентрации напряжений (канавки резьбы) выполнено сгущение сетки для повышения точности решения (рис. 9).

Расчет производился на трех этапах (шагах) нагружения. На первом шаге нагружения прикладывалось усилие затяжки винта, на втором и третьем

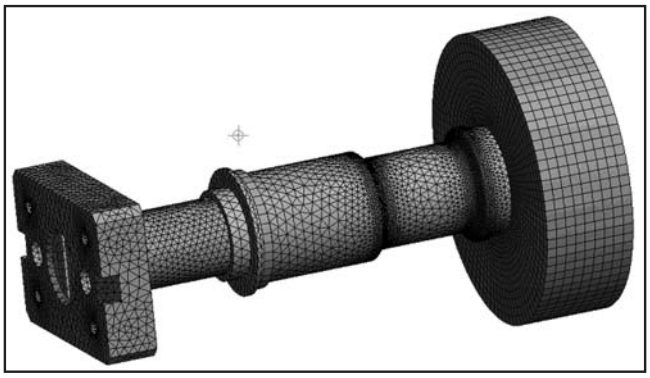

Рис. 8. *Конечно-элементная модель электрогидравлического клапана*

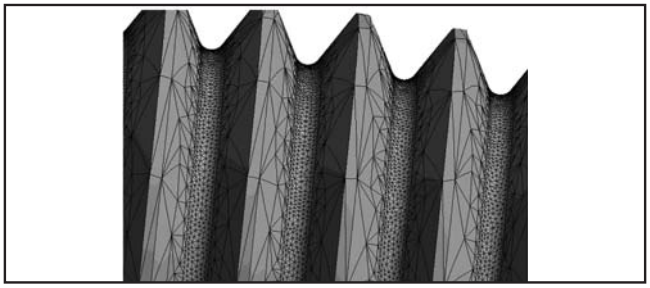

Рис. 9. *Конечно-элементная сетка в канавках резьбы крепления электрогидравлического клапана*

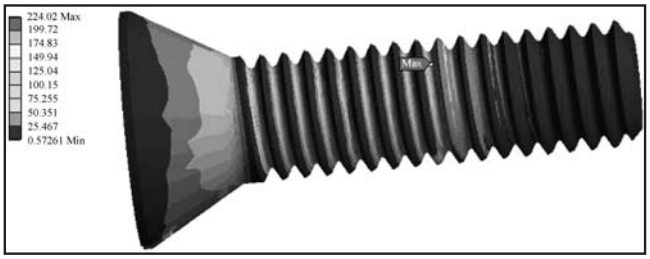

Рис. 10. *Напряженно-деформированное состояние винта от монтажных нагрузок*

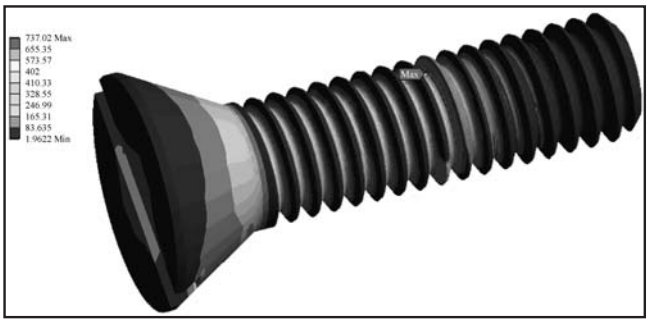

Рис. 11. *Напряженно-деформированное состояние винта при статическом нагружении*

шагах винт фиксировался в затянутом положении. На втором шаге добавлялось усилие пружины. На третьем шаге прикладывалось усилие на якоре. Напряженно-деформированное состояние винта от монтажных нагрузок представлено на рис. 10. Максимальная величина эквивалентных напряжений по Ван-Мизесу составляет порядка 224 МПа.

Напряженно-деформированное состояние винта при статическом нагружении приведено на рис. 11. Область максимальных напряжений соответствует канавке резьбы. Максимальная величина эквивалентных напряжений по Ван-Мизесу составляет порядка 737 МПа.

Полученные нормальные и касательные напряжения для двух напряженно-деформированных состояний передаются в виде таблиц в программный комплекс Microsoft Excel для последующей оценки коэффициента запаса циклической прочности.

Оценка запаса циклической прочности винта

Исходными данными для оценки циклической прочности винта являются напряжения, полученные ранее, и предел прочности данного материала (сталь 40Х) $\sigma_в$ = 980 МПа [13, 14]. При отсутствии экспериментальных данных пределы выносливости при растяжении–сжатии или изгибе и кручении допускается вычислять по эмпирическим зависимостям [13]:

$$\sigma_{-1} = (0{,}55 - 0{,}0001\sigma_в)\sigma_в = 443 \text{ МПа},$$

$$\tau_{-1} = 0{,}6\sigma_{-1}.$$

Масштабный эффект оценивают с помощью коэффициента влияния абсолютных размеров поперечного сечения

$$\varepsilon_{M\sigma} = \frac{(\sigma_{-1})_d}{\sigma_{-1}},$$

где $(\sigma_{-1})_d$ – предел выносливости гладкого образца диаметром d; σ_{-1} – предел выносливости материала, определяемый на стандартных гладких образцах.

ГОСТ [13] рекомендует следующие эмпирические зависимости для оценки масштабного фактора:

$$\varepsilon_\sigma = \frac{1}{2}\left[1 + \left(\frac{d_э}{d_0}\right)^{-2\nu_\sigma}\right],$$

где $\nu_\sigma = 0{,}211 - 0{,}000143\sigma_в$ – коэффициент чувствительности металла к концентрации напряжений и масштабному фактору; $d_э = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ – эквивалентный диаметр рассматриваемого сечения; F – площадь рассматриваемого сечения детали (принимаем диаметр шатунной шейки).

Коэффициент чувствительности металла к концентрации напряжений и масштабному фактору при кручении:

$$\nu_\tau = 1{,}5\nu_\sigma.$$

Для деталей с диаметром меньше характерного масштабные факторы принимаются равными 1:

$$\varepsilon_\sigma = 1; \quad \varepsilon_\tau = 1.$$

Значения коэффициентов асимметрии цикла рекомендуется определять по эмпирическим зависимостям:

$$\psi_\sigma = 0{,}02 + 2\cdot 10^{-4}\sigma_в = 0{,}216;$$

$$\psi_\tau = 0{,}01 + 10^{-4}\sigma_в = 0{,}108.$$

Коэффициент, учитывающий качество обработки поверхности, принимаем равным:

$$\beta_1 = 0{,}8.$$

Так как после обработки винт не подвергался поверхностному упрочнению, то принято:

$$\beta_{\text{упр}} = 1.$$

Тогда эффективные коэффициенты концентрации напряжений:

$$(k_\sigma)_\partial = \frac{1}{\varepsilon_\sigma \beta_1 \beta_{\text{упр}}} = 1{,}25;$$

$$(k_\tau)_{\text{д}} = \frac{1}{\varepsilon_\tau \beta_1 \beta_{\text{упр}}} = 1{,}25.$$

Далее для узлов конечно-элементной сетки определим амплитудные значения нормальных и касательных напряжений:

$$\sigma_x^a = \frac{|\sigma_x^{\max} - \sigma_x^{\min}|}{2}, \quad \sigma_y^a = \frac{|\sigma_y^{\max} - \sigma_y^{\min}|}{2},$$

$$\sigma_z^a = \frac{|\sigma_z^{\max} - \sigma_z^{\min}|}{2};$$

$$\tau_{xy}^a = \frac{|\tau_{xy}^{\max} - \tau_{xy}^{\min}|}{2}, \quad \tau_{yz}^a = \frac{|\tau_{yz}^{\max} - \tau_{yz}^{\min}|}{2},$$

$$\tau_{xz}^a = \frac{|\tau_{xz}^{\max} - \tau_{xz}^{\min}|}{2}.$$

А также средние значения напряжений:

$$\sigma_x^m = \frac{|\sigma_x^{\max} + \sigma_x^{\min}|}{2}, \quad \sigma_y^m = \frac{|\sigma_y^{\max} + \sigma_y^{\min}|}{2},$$

$$\sigma_z^m = \frac{|\sigma_z^{\max} + \sigma_z^{\min}|}{2};$$

$$\tau_{xy}^m = \frac{|\tau_{xy}^{\max} + \tau_{xy}^{\min}|}{2}, \quad \tau_{yz}^m = \frac{|\tau_{yz}^{\max} + \tau_{yz}^{\min}|}{2},$$

$$\tau_{xz}^m = \frac{|\tau_{xz}^{\max} + \tau_{xz}^{\min}|}{2}.$$

Получим симметричный тензор амплитуд напряжений и их средних значений:

$$T_{AMP} = \begin{bmatrix} \sigma_x^a & \tau_{xy}^a & \tau_{xz}^a \\ \tau_{xy}^a & \sigma_y^a & \tau_{yz}^a \\ \tau_{xz}^a & \tau_{yz}^a & \sigma_z^a \end{bmatrix},$$

$$T_M = \begin{bmatrix} \sigma_x^m & \tau_{xy}^m & \tau_{xz}^m \\ \tau_{xy}^m & \sigma_y^a & \tau_{yz}^m \\ \tau_{xz}^m & \tau_{yz}^a & \sigma_z^m \end{bmatrix}$$

$$T_{A\text{тр}} = \begin{bmatrix} 65{,}969 & 27{,}165 & 52{,}232 \\ 27{,}165 & 67{,}068 & 47{,}121 \\ 52{,}232 & 47{,}121 & 286{,}97 \end{bmatrix};$$

$$T_M = \begin{bmatrix} 123{,}361 & 50{,}938 & 97{,}118 \\ 50{,}938 & 126{,}063 & -89{,}378 \\ 97{,}118 & -89{,}378 & 538{,}4 \end{bmatrix}.$$

На основании значений коэффициентов концентрации получены эффективные значения напряжений по направлениям:

$$\sigma_X^{\text{Э}} = (k_\sigma)_{\text{д}} \sigma_x^a + \psi_\sigma \sigma_x^m;$$

$$\sigma_Y^{\text{Э}} = (k_\sigma)_{\text{д}} \sigma_y^a + \psi_\sigma \sigma_y^m;$$

$$\sigma_Z^{\text{Э}} = (k_\sigma)_{\text{д}} \sigma_z^a + \psi_\sigma \sigma_z^m;$$

$$\tau_{XY}^{\text{Э}} = (k_\tau)_{\text{д}} \tau_{xy}^a + \psi_\tau \tau_{xy}^m;$$

$$\tau_{ZY}^{\text{Э}} = (k_\tau)_{\text{д}} \tau_{zy}^a + \psi_\tau \tau_{zy}^m;$$

$$\tau_{XZ}^{\text{Э}} = (k_\tau)_{\text{д}} \tau_{xz}^a + \psi_\tau \tau_{xz}^m.$$

Далее определяется интенсивность амплитуд напряжений по формуле Ван-Мизеса:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x^{\text{Э}} - \sigma_y^{\text{Э}})^2 + (\sigma_y^{\text{Э}} - \sigma_z^{\text{Э}})^2 + (\sigma_z^{\text{Э}} - \sigma_x^{\text{Э}})^2 + 6(\tau_{xy}^{\text{Э}^2} + \tau_{yz}^{\text{Э}^2} + \tau_{xz}^{\text{Э}^2})}.$$

Запас циклической прочности вычисляется по следующей зависимости:

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{\text{экв}}}.$$

Минимальный запас $n = 1{,}1$ циклической прочности наблюдается в канавке резьбы, на первом витке после выхода из резьбы затвора.

Расчет напряженно-деформированного состояния и оценка запаса циклической прочности винта с резьбой М5

Расчетная схема сил, оказывающих влияние на винт с резьбой М5, аналогична расчетной схеме с винтом М4 (рис. 12).

Конечно-элементная модель состоит из порядка 480 тыс. элементов (рис. 13). В зонах концентрации напряжений (канавки резьбы) выполнено сгущение сетки для повышения точности решения (рис. 14).

Как и для винта с резьбой М4, расчет проводился в три этапа (шага) нагружения. На первом шаге

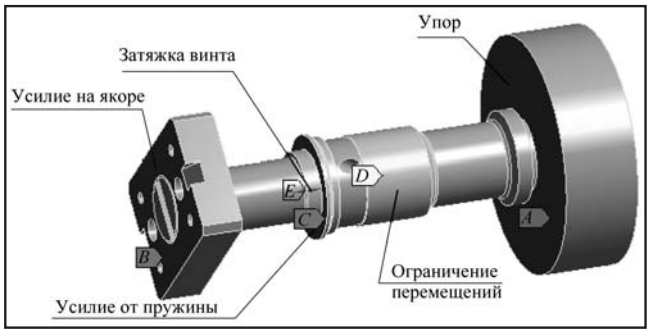

Рис. 12. Расчетная схема

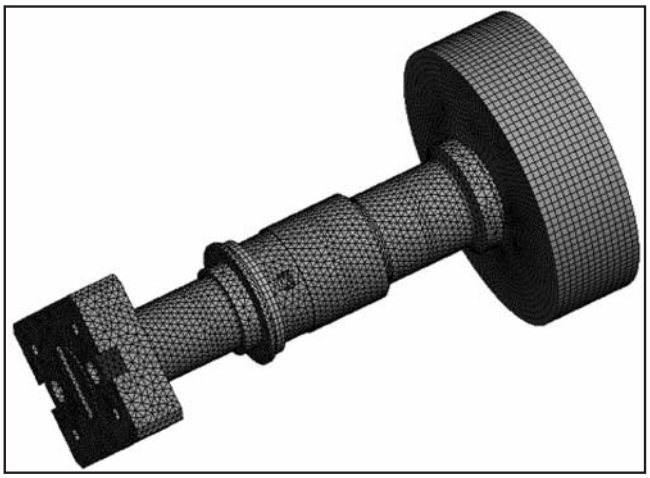

Рис. 13. Конечно-элементная модель

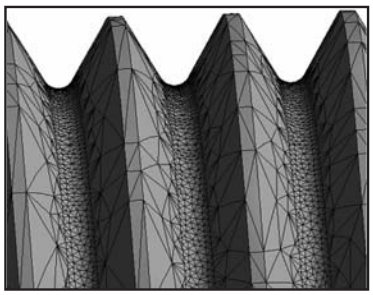

Рис. 14. Конечно-элементная сетка в канавках резьбы

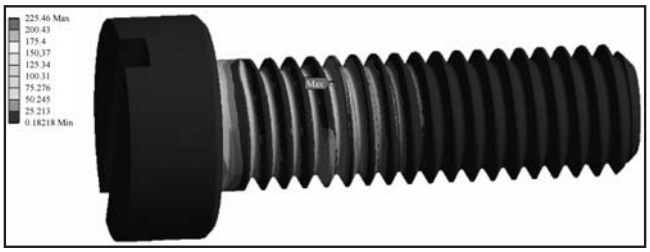

Рис. 15. Напряженно-деформированное состояние винта от монтажных нагрузок

нагружения прикладывается усилие затяжки винта, на втором и третьем шагах винт фиксируется в затянутом положении. На втором шаге добавляется усилие пружины. На третьем шаге прикладывается усилие на якоре. Напряженно-деформированное состояние винта М5 от монтажных нагрузок представлено на рис. 15. Максимальная величина эквивалентных напряжений по Ван-Мизесу составляет порядка 225 МПа.

Напряженно-деформированное состояние винта при статическом нагружении приведено на рис. 16. Область максимальных напряжений соответствует канавке резьбы. Максимальная величина эквивалентных напряжений по Ван-Мизесу составляет порядка 627 МПа.

Полученные нормальные и касательные напряжения для двух напряженно-деформированных состояний передаются в виде таблиц в программном комплексе Microsoft Excel для последующей оценки коэффициента запаса циклической прочности. При оценке коэффициента запаса циклической прочности винта с резьбой М5 используются коэффициенты, полученные ранее. Минимальный запас $n = 1{,}32$ циклической прочности наблюдается в канавке резьбы, на первом витке после выхода из резьбы затвора. Величины динамической составляющей напряжений составляют от 55 да 65 МПа (рис. 17), т.е. ~ 10 % от монтажных и статических напряжений.

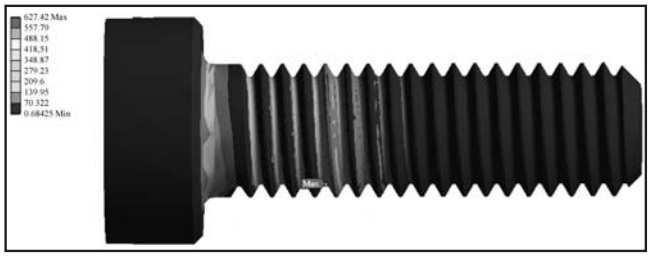

Рис. 16. *Напряженно-деформированное состояние винта М5 при статическом нагружении*

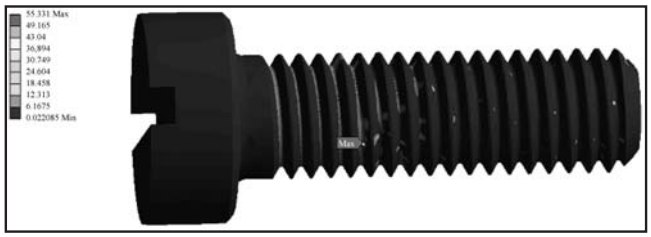

Рис. 17. *Динамическая составляющая напряжений винта М5*

Учитывая, что в галтели распределение напряжений является практически одноосным, то суммарные значения напряжений (монтажные, статические и динамические), таким образом, составляют величину, примерно равную 690–700 МПа. В этом случае коэффициент запаса циклической прочности будет составлять 1,2.

Заключение

1. Анализ поломок показывает значительный разброс мест разрушения. Это свидетельствует о нестабильном качестве детали. При стабильной технологии изготовления поломка должна происходить по первому витку, как и показывает расчет (рис. 10 и 11).

2. В условиях нестабильной технологии рекомендуется иметь запас прочности менее 1,4–1,5.

3. Для повышения циклической прочности резьбы рекомендуется:

– уменьшать зазор в резьбе;

– улучшать качество обработки поверхности во впадине резьбы (в ответственных деталях практикуется шлифовка резьбы, в этом случае β_1 может быть принят 0,9);

– проводить накатку резьбы. По литературным данным коэффициент упрочнения резьбы $\beta_{упр}$ при накатке можно принять 1,25;

– применять резьбу с увеличенным радиусом скругления между нитками резьбы в целях снижения концентрации напряжений.

4. Рекомендуется изменить конструкцию узла, применив безвинтовое соединение клапана и якоря.

5. Следует проверить свойства материала болта. По литературным данным, предел пропорциональности стали 40Х не превышает 780 МПа, а в зависимости от термообработки может снижаться до 350 МПа. Аналогичная ситуация с пределом выносливости: в зависимости от термообработки стали может быть от 333 до 509 МПа. Таким образом, необходимо контролировать свойства материала, так как максимальные напряжения в детали могут превышать предел пропорциональности (пластичности), переводит работу детали в область ограниченной выносливости (до 10^6 циклов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лапидус А.Л., Крылов И.Ф., Жагфаров Ф.Г. и др.** Альтернативные моторные топлива: Учебное пособие для вузов. М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. 288 с.

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

3. **Емельянов В.Е., Крылов Н.Ф.** Альтернативные экологически чистые виды топлива для автомобилей: Свойства, разновидности, применение.М.: ООО "Издательство Астрель": ООО "Издательство АСТ", 2004. 128 с.

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

5. **Кириллов Н.Г.** Альтернативные моторные топлива XXI века // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2003. № 3. С. 58–63.

6. **Гольтяпин В.Я.** Тракторы на газомоторном топливе // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 2. С. 3–7.

7. **Фофанов Г.А.** Альтернативные виды топлива на подвижном составе железнодорожного транспорта. М.: Интекст, 2008. 144 с.

8. **Коссов Е.Е.** Перспективы применения газотурбинных двигателей с использованием альтернативных топлив на железнодорожном транспорте // Конверсия в машиностроении. 2001. № 1. С. 43–46.

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

10. **Марков В.А., Фурман В.В., Иванов В.А., Черезов И.А.** Системы электронного управления топливоподачей газовых и газодизельных двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4. С. 14–18.

11. **Марков В.А., Фурман В.В., Миронов В.А., Иванов В.А., Черезов И.А., Акимов В.С.** Система управления для дизельного двигателя // Грузовик. 2011. № 12. С. 36–47.

12. **Фурман В.В., Плахов С.В., Марков В.А., Мягков Л.Л., Коссова К.Е.** Системы электронного управления топливоподачей для газовых и газодизельных двигателей // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2017 (в печати).

13. **ГОСТ 25.504–82.** Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. М.: Стандартинформ, 2005. 100 с.

14. htt://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40X

УДК 577.3; 66.095.261; 219.1

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ И КИНЕТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ГЕТЕРОГЕННО-КАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Ф. Третьяков, д-р хим. наук, Московский технологический университет МИТХТ им. М.В. Ломоносова;
Р.М. Талышинский, д-р хим. наук, Институт нефтехимического синтеза РАН им. А.В. Топчиева, г. Москва

Рассмотрены современные концепции изучения гетерогенно-каталитических процессов с позиций термодинамики и кинетики химических реакций. Показано принципиальное различие в ускорении реакций, достигаемое с помощью катализаторов и инициаторов. Сформулировано определение каталитической системы как совокупности катализатора, инициатора и реакционной среды.

Ключевые слова: *термодинамика; кинетика; инициатор; индуктор; катализатор; механизм протекания.*

THERMODYNAMIC AND KINETIC MECHANISM HETEROGENEOUS-CATALYTIC PROCESSES

Tretyakov V.F., Dr. of chem. sciences, Moscow State Technological University im M.V. Lomonosov;
Talyshinsky R.M., Dr. of chem. sciences, Institute of Petrochemical Synthesis RAS im. A.V. Topchiev, Moscow

Modern concepts of studying heterogeneous-catalytic processes from the viewpoint of thermodynamics and the kinetics of chemical reactions are considered. The principal difference in the acceleration of the reactions achieved with the help of catalysts and initiators is shown. The definition of the catalytic system as a set of catalyst, initiator and reaction medium is formulated.

Keywords: *thermodynamics; kinetics; initiator; inductor; catalyst; flow mechanics.*

При анализе вероятных механизмов протекания того или иного каталитического процесса необходимо учитывать ключевые факторы управления протекающими реакциями как с термодинамических, так и с кинетических позиций. Термодинамика показывает наиболее легкие реакционные пути получения целевых продуктов, а кинетика служит для выявления медленных стадий, через которые осуществляется управление процессом в целом и решается задача синтеза катализатора в целях ускорения этих медленных стадий.

Классический термодинамический анализ в итоге позволяет оценить степень свободы протекания реакций численными значениями изменения изобарно-изотермического потенциала и константой равновесия. Классическая кинетика оперирует численными значениями констант скоростей, выраженных уравнением Аррениуса, т.е. значениями кинетических констант K_0 (так называемый фактор "соударений") и E (энергетический барьер реакции).

В то же время необходимо подразумевать, что понятие "соударение" является в известной мере условным, поскольку речь идет не о механических столкновениях молекул, а о взаимодействиях энергий частиц. А энергетический барьер, именуемый энергией активации, является виртуальной величиной, снижение которой под воздействием катализатора используется лишь в целях моделирования кинетики для управления процессом и ни в коей мере не является предметом обсуждения истинного понимания происходящих в гетерогенном катализе явлений.

Ускорение реакций в общем случае достигается за счет использования катализатора и инициатора (или индуктора), действие которых определяется принципиально по-разному. Катализатор, строго говоря, не совершает работы, а следовательно, не сдвигает термодинамическое равновесие, а только ускоряет его достижение (если речь идет о реально или виртуально обратимых химических реакциях, подчиняющихся правилу микроскопической обратимости). Что касается инициатора или индуктора, то они обладают функциями, обеспечивающими резкое возрастание в каталитической системе мобильных активных центров, в связи с чем совершают работу либо на поверхности катализатора (инициатор), либо когда количество инициатора соизмеримо со стехиометрическими количествами реагентов (индуктор), совершают работу по сдвигу равновесия в системе в целом. Именно поэтому в [1] было дано определение каталитической системе как совокупности катализатора, инициатора и реакционной среды. Такая комбинация составляющих, ускоряющих протекание химических и в общем случае биохимических реакций, наиболее четко проявляется

в природе в случае протекания ферментативных каталитических процессов.

На возможность использования биомиметики в гетерогенном катализе имеются указания в работах [2–4], авторы которых отмечают особую роль катализа как источника происхождения разумной жизни.

На сегодняшний день наука о катализе подошла к новому рубежу познания химических процессов, когда многие фундаментальные определения в феноменологии предмета нуждаются в пересмотре. В этом смысле следует отметить авторов работы [5], заявивших о корреляции волновых характеристик реагентов с волновыми характеристиками катализаторов. При таком взгляде на познание каталитических явлений в природе можно пересмотреть традиционную корреляцию активности с кислотностью, проанализировав гидроксилирование поверхности гетерогенного катализатора с позиции совпадения частот колебаний гидроксильных групп и функциональных групп реагирующих веществ или индукторов реакции.

В работе по изучению динамического компенсационного эффекта в катализе с использованием пероксида водорода [6, 7] нами отмечалось резкое возрастание пероксидных радикалов, влияющих на ускорение реакции, что согласуется с определением трехфункционального поведения инициатора [8]: инициирование, модифицирование и регенерация коксующейся поверхности гетерогенного катализатора.

Таким образом, можно полагать, что новая научная феноменология, приведенная в перечисленных работах [6–8], даст возможность для обобщения существующих позиций в ферментативном, гетерогенном и гомогенном катализе и сформулировать единую теорию каталитического действия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М.** Кинетика и динамика гетерогенных каталитических нефтехимических процессов. М.: МИТХТ, 2012. 190 с.

2. **Нагиев Т.М.** Взаимодействие синхронных реакций в химии и биологии. Баку: изд. "ЭЛМ", 2001. 404 с.

3. **Нагиев Т.М.** Химическое сопряжение. М.: Наука,1989. 216 с.

4. **Семенов Н.Н., Шилов А.Е.** О роли возбужденных частиц в разветвленных цепных реакциях // "Кинетика и катализ", 1965, Т. 6. № 1. С. 3–15.

5. **Козловцев В.А. Навроцкий В.А., Тростянская М.В., Климова И.Ю., Навроцкий А.В.** Катализ как явление обмена энергией между катализатором и реагентами // Тез. докл. XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. 2011. Т. 1. 242 с.

6. **Третьяков В.Ф., Илолов А.М., Талышинский Р.М., Гюльмалиев Э.А.** О динамическом компенсационном эффекте в катализе. Нефтегазохимия. 2016. № 1. С. 34–37.

7. **Талышинский Р.М., Гюльмалиев Э.А., Третьяков В.Ф., Илолов А.М., Литвишков Ю.Н., Мурадова П.А., Котелев М.С., Мовсумзаде Э.М.** Наноразмерный динамический компенсационный эффект в гетерогенно-каталитическом процессе. Нефтегазохимия. 2016. № 1. С. 45–49.

8. **Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М., Илолов А.М., Максимов А.Л., Хаджиев С.Н.** Инициированное превращение этанола в дивинил по реакции Лебедева // Нефтехимия, 2014, Т.54. № 3, С. 195–206.

КОНФЕРЕНЦИЯ "ГАЗОВЫЕ БАЛЛОНЫ. ИТОГИ ГОДА"

Третья международная конференция "Газовые баллоны. Итоги года", организованная CREON Energy, состоялась в Москве 23 ноября 2017 г. Мероприятие прошло при поддержке Союза предпринимателей газомоторной отрасли (СПГО).

Директор международной конференции Ирина Петрова сформировала программу, охватывающую все аспекты применения баллонов в РФ – не только интересный нам раздел "ГБО и баллоны для транспортных средств", но и бытовые газовые баллоны, баллоны для медицинских газов, нормативная база, требования к безопасной эксплуатации баллонов.

Заместитель начальника управления пожарно-спасательных сил ГУ МЧС России по г. Москве, Сергей Смыгалин, в своем докладе отметил, что главная причина чрезвычайных происшествий, связанных с баллонами, кроется в небрежной, неправильной, халатной эксплуатации газосодержащих баллонов и в нарушении правил их перевозки.

К счастью для нашей отрасли, никаких возгораний и взрывов автомобилей, связанных с недавно установленным ГБО не зафиксировано.

Еще раз обращаем внимание всех профессионалов отрасли и эксплуатантов газотопливных транспортных средств на недопустимость эксплуатации автомобиля с характерным запахом газа.

Небольшая дискуссия, развернувшаяся на полях доклада между "Балсити" и НЗГА, показала, что производители думают о повышении уровня безопасности своей продукции и готовы к установке отсечных и стравливающих противопожарных клапанов. Однако это связано, в первую очередь, с удорожанием изделий на 5–7 % и поэтому требу-

Спикеры международной конференции "Газовые баллоны. Итоги года"

Кемал Урхан, генеральный директор Cryocan

Эндрю Ким, координатор по продажам в Европе

Делегаты конференции "Газовые баллоны. Итоги года"

ет внедрения новых стандартов безопасности на уровне Таможенного Союза.

Представители "Газпром Газэнергосети" презентовали видеоролик, обязательный ко всеобщему распространению на предприятиях, так или иначе касающихся в своей деятельности бытовых баллонов, призываем способствовать его распространению.

Обзор импорта рынка газовых баллонов в РФ представила Мария Дубинина, ведущий аналитик CREON Energy. Небольшие неточности, присутствующие в презентации, не мешают общей оценке вектора развития данного направления. Можно говорить о наметившемся спаде импорта и росте производства отечественных баллонов. В рамках программ импортозамещения это можно расценивать как хороший знак, тем более что дальше на конференции говорилось о начале российского производства баллонов четвертого типа для КПГ в Нижегородской области в 2019 г.

Исполнительный директор Союза, Мурад Кулиев, обозначил причины стагнации рынка переоборудования автомобилей на газомоторный режим. Общие тенденции роста отрасли, основанные на экономическом анализе первых трех кварталов этого года относительно этого же периода прошлого года, к сожалению, не достигают уровня 2015 г. Главным препятствием являются бюрократические и административные препоны, барьеры и барьерчики. Например, уже год как принято политическое решение об обнулении ввозных пошлин, однако Минпромторг России до сих пор не выпустил внутренний документ, позволяющий импортерам ГБО ввозить на территорию РФ ГБО без ввозной пошлины.

Кемал Урхан, генеральный директор Cryocan, представил доклад "Практический опыт реализации международных проектов в области СПГ/КПГ". Суть удачного экономически и не требующего муниципальных затрат опыта переоборудования и реконструкции городских пассажирских автобусов в том, что Cryocan, являющийся оператором СПГ-наливных заправочных станций, обращается в муниципалитеты страны с предложением полной реконструкции (двигатель, трансмиссия, рабочее место водителя, салон, остекление) за свой счет парка устаревших автобусов возраста десяти и более лет с обязательством города далее в течение десяти лет выбирать объемы СПГ по цене дизеля. При отсутствии изначальных вложений муниципальных средств город получает обновленный парк автобусов и улучшает экологическую составляющую региона. Оператор же расширяет гарантированный рынок сбыта и возврат инвестиций в течение трех-четырех лет. Возьмем опыт турецких коллег на вооружение и попытаемся распространить в России.

Представитель Южной Кореи, координатор по продажам в Европе, Эндрю Ким, рассказал об успехах одного из крупнейших поставщиков композитных материалов для производства газовых баллонов и не только.

Яркие выступления представителей российских производителей баллонов – "ДПО Пластик", "Русские Цилиндры", "Балсити" и НЗГА, а также импортируемых в страну Hexagon Xperion, Vitkovice вызвали оживленный обмен мнениями практиков отрасли и научного сообщества – заведующий лабораторией баллонов РосНИТИ, Алексей Ушков, выступил с анализом предложений по совершенствованию требований ТР ТС 032 в области газовых баллонов и корректировке сроков службы баллонов. В дискуссии принимал активное участие представитель "Российского газового общества" Владимир Паронькин.

Секция Конференции "Газовые баллоны в медицине" была представлена ведущими медицинскими учреждениями страны: НИИ им. Н.В. Склифосовского (Алексей Козырев, руководитель газовой службы) и МГМУ им. И.М. Сеченова (Виктор Славнов, начальник службы медицинских газов).

Специалисты отметили широкую востребованность импортных баллонов с медицинскими газами за их мультифункциональность, легкость и удобство обращения.

В целом, несмотря на небольшие досадные технические неисправности в технической базе, конференция имела успех у делегатов.

14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА КОММЕРЧЕСКОГО АВТОТРАНСПОРТА "КОМТРАНС-2017". ЧАСТЬ 2*

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

"Комтранс" – крупнейшая выставка коммерческого автотранспорта в России и СНГ. Она проходит раз в два года, по нечетным годам, чередуясь с Autotrans и IAA в Ганновере. Это удобное место для встреч с производителями и поставщиками коммерческого транспорта, где можно увидеть разнообразие новейших образцов современной грузовой техники, автобусов, прицепов, запчастей и комплектующих.

"Даймлер КАМАЗ Рус": увеличить долю рынка

Компания "ДК РУС" представила обновленную линейку грузовиков Mercedes-Benz, специальную версию машин Unimog для России и усовершенствованный FUSO Canter. Кроме того, представители компании рассказали о достижениях и стратегических планах. В частности, "ДАЙМЛЕР КАМАЗ РУС" сосредоточится на увеличении доли рынка за счет предоставления качественных услуг и сервиса клиентам. На данный момент доля Mercedes-Benz в компании составляет 20 %.

"ДАЙМЛЕР КАМАЗ РУС" активно инвестирует в строительство нового завода по производству кабин для грузовиков. Сейчас проект находится в завершающей стадии.

Что касается нового модельного ряда, то начиная с 2018 г. потребителям будет доступен New Actros ("Евро-5"), но до 2019 г. на рынке будут одновременно новая и предыдущая версия.

Вниманию посетителей предлагался новый магистральный тягач Actros 1848LS, самосвалы Arocs 4142K и Arocs 3345K, грузовик Atego 1218L с изотермическим фургоном и грузоподъемным бортом, а также самосвал Actros 4144AK.

Седельный тягач для международных перевозок Actros 1848LS оснащен двигателем R6 рабочим объемом 12,8 л и мощностью 476 л.с. экологического класса "Евро-6" в паре с 12-ступенчатой КП с автоматическим переключением PowerShift 3.

Тягач Actros 1840LS с кабиной StreamSpace получил двигатель R6 рабочим объемом 10,7 л и мощностью 394 л.с., а также 12-ступенчатую коробку передач с автоматическим переключением PowerShift 3.

Mercedes-Benz Unimog U529

Самосвал Mercedes-Benz Arocs 4142K полной массой 41 с двигателем R6 рабочим объемом 12,8 л и мощностью 421 л.с. работает в паре с 12-ступенчатой КП с автоматическим переключением PowerShift 3. Объем самосвального кузова составляет 16,5 м^3.

Вниманию российских потребителей предлагается Unimog U529 стандарта "Евро-5". Напомним, что в Европе данная модель оснащается двигателями стандарта "Евро-6".

Кроме грузовиков Mercedes-Benz посетители выставки на стенде "ДК РУС" смогли увидеть усовершенствованный среднетоннажный грузовик FUSO Canter и автобус Mercedes-Benz Intouro, вставший на конвейер в 2007 г. и предназначенный для междугородных перевозок.

FUSO Canter был кардинально изменен, что в итоге позволило достичь идеальной маневренности, грузовик оснащен самым экономичным двигателем в своем классе, а максимальная грузоподъемность достигает 6 т. На рынке появится и электрическая модель Mitsubishi FUSO Canter eCELL. Его полная масса составляет 3 т, вредные выбросы в атмосферу сведены к нулю, а стоимость владения на 30 % ниже по сравнению с дизельными грузовиками.

DAF: новый грузовик серии XF

Компания DAF впервые показала новый грузовик XF 480 FT Super Space Cab с колесной формулой 4×2, который появится в России уже в начале 2018 г.

---

* Начало обзора выставки опубликовано в журнале АГЗК+АТ № 1/2018 г.

DAF XF 480 FT Super Space Cab

FAW-CA3310

Новинка объединила в себе лучшие технические решения, основанные на многолетнем опыте производства и эксплуатации. Благодаря двигателю PACCAR MX-13, эффективной автоматической коробке передач TraXon и улучшенным аэродинамическим характеристикам удалось сократить расход топлива на 7 %. Новая компактная система дополнительной обработки отработавших газов EAS обеспечила снижение снаряженной массы машины на 100 кг и увеличение грузоподъемности. Улучшения коснулись и кабины водителя: новая система управления климатом HVAC, максимально удобный доступ в кабину, возможность настройки переключателей в соответствии с запросами и предпочтениями водителя создают ощущение комфорта на протяжении всего рейса. Новинка соответствует экологическому стандарту "Евро-6".

На стенде DAF можно было увидеть популярные на российском рынке модели: флагман продаж – магистральный тягач FT XF 105.460 Super Space Cab с колесной формулой 4×2 и универсальный FTT CF 85.460 с колесной формулой 6×4. Оба грузовика сертифицированы по нормам экологического стандарта "Евро-5", отличаются повышенной безопасностью, экономичностью и гарантируют максимальное время безотказной работы. Кроме того, посетители стенда смогли ознакомиться с линейкой оригинальных запасных частей PACCAR Parts и деталей для европейских грузовиков и прицепов TRP.

FAW: расширение модельного ряда

На "Комтранс-2017" компания FAW представила два обновленных самосвала: FAW-CA3310 и FAW-CA3250. Они оснащены усовершенствованными дизелями CA6DL2-37E5 и CA6DM2-39E51 (Euro-5). Силовые агрегаты развивают мощность соответственно 377 л.с. (максимальный крутящий момент – 1550 Н·м при частоте коленвала 1300–1500 об/мин) и 390 л.с. (1900 Нм/1300–1900 об/мин).

Грузовики оснащены улучшенной кабиной J6 с обновленной панелью приборов. Она жидкокристаллическая, более информативная, а показания, выводимые на дисплей, стали более четкими и легче читаются. Новое четырехточечное крепление подвески кабины максимально смягчает удары и снижает вибрацию во время движения. Благодаря оптимизации формы сиденья, изменению его упругости, жесткости, ширины, а также точек крепления ремня безопасности снизилась утомляемость водителя. Повышению удобства способствуют пневматическая подвеска, совмещенная с сиденьем и подголовником, а также более комфортная цветовая гамма отделки кабины и спального места.

Среди других усовершенствований самосвалов FAW – сцепление Sachs, улучшающее ходовые характеристики и повышающее надежность. Грузовики оснащены системой "ЭРА-ГЛОНАСС", в случае аварии оперативно вызывающей спасательные службы. Для самосвала FAW-CA3250 появилась возможность выбора колесной базы и кузова одного из двух объемов – 18 и 20 м^2. Наряду с обновленными FAW-CA3310 и FAW-CA3250 китайский автопроизводитель представит на своем выставочном стенде шасси FAW-CA3250, позволяющее устанавливать различные надстройки, – тем самым

компания расширяет модельный ряд и функциональность грузовиков.

На российском рынке FAW занимает лидирующую позицию среди китайских производителей грузовых автомобилей. В текущем году компания продолжает демонстрировать положительную динамику в сегменте грузовиков: в январе – июле 2017 г. рост продаж грузовиков FAW в России составил около 50 % в сравнении с аналогичным периодом прошлого года. Таких показателей компания достигла благодаря успешно реализуемой стратегии привлечения корпоративных клиентов, а также развитию сервиса и послепродажного обслуживания.

Ford: упор на телематику

Главной премьерой Ford Sollers стал первый "подключенный" Ford Transit с интегрированной системой телематики Ford Telematics собственной разработки компании. Новый сервис, созданный в России, представляет собой уникальное решение для управления бизнесом коммерческих перевозок "под ключ" с гарантией от производителя.

Данная система позволит дополнительно оптимизировать расходы на содержание автопарка, сделав более эффективным контроль над автомобилем и водителем. Электронный блок, безопасно интегрированный с системами Ford Transit, позволяет дистанционно следить за местонахождением автомобиля, манерой езды водителя, получать оповещения о неисправностях машины, напоминания о необходимости пройти техническое обслуживание. Данные могут передаваться в виде годовых отчетов или интегрироваться в форматы уже существующей системы управления автопарком.

Таким образом, приобретая "подключенные" Ford Transit, владелец бизнеса получит комплексную систему управления для автопарка.

Пилотная версия Ford Telematics разработана для использования на автомобилях Ford Transit, однако к этому сервису в будущем могут быть подключены и другие модели Ford Sollers.

HINO: долгожданные новинки

На стенде японской компании были представлены самосвал Hino 500, два фургона-рефрижератора (оба с грузоподъемным бортом), а также эвакуатор со сдвижной платформой.

Долгожданная новинка – самосвал Hino 500 FM с объемом кузова 16 м^3 обладает грузоподъемностью 15 000 кг и оснащен шестицилиндровым дизелем рабочим объемом 7684 см^3 экологического класса "Евро-5". Самосвальный кузов 658991-01Е овального сечения с задней разгрузкой изготовлен ООО "Автомастер".

Фургон-рефрижератор с грузоподъемным бортом на базе шасси Hino 500 оборудован дизелем рабочим объемом 7684 см^3 класса "Евро-4" в сочетании с механической девятиступенчатой коробкой передач Eaton.

Еще один фургон-рефрижератор с грузоподъемным бортом с колесной формулой 4×2 базируется на шасси Hino 300 XZU650L. Габаритные размеры рефрижератора следующие: 6400×2000×2800 мм. Грузоподъемность данного шасси составляет 1278 кг. Автомобиль оснащен дизелем рабочим объемом 4009 см^3. КП – механическая пятиступенча-

Ford Transit

Hino 500

тая. Холодильная установка – Thermo King C-450e MAX 30. Производитель надстройки рефрижератора – компания "СибЕвроВэн".

Эвакуатор со сдвижной платформой на базе Hino 300 XZU720L разработан при участии компании "СМАРТЭКО-НН". Габаритные размеры платформы с механизмом фиксации в транспортном положении составляют 5720×2300×810 мм. Среди основных особенностей модели отметим откидные боковые ограждения из алюминия, гидравлическую лебедку с тяговым усилием 4,1 т с поперечным смещением, гидросистему с оцинкованными трубопроводами. Для обеспечения долговечности кузова производится его трехслойная окраска (обработка в дробеструйной камере, цинксодержащий грунт, полиуретановая эмаль).

Hyundai: грузовики для города

На стенде официального дистрибьютора в России Hyundai Truck and Bus Rus был представлен целый ряд новых моделей, которые в ближайшее время выйдут на российский рынок.

Главное место в экспозиции занимала модель Hyundai HD35City, которая должна занять место популярного Porter.

Водители Hyundai HD35City оценят возросший внутренний объем, выверенную эргономику, более высокую посадку и лучшую обзорность. Кроме того, применение рамы с лонжеронами увеличенной прочности позволило довести грузоподъемность шасси до 1568 кг при неизменной полной массе 3500 кг. А увеличение колесной базы до 2810 мм дает возможность установить платформу длиной 3400 мм, что на 290 мм больше, чем у многих "одноклассников". На стенде Hyundai HD35City представлен в виде шасси с самым востребованным в настоящее время кузовом – изотермическим фургоном.

Hyundai Mighty

С учетом работы в городе и ближайшем пригороде в качестве силовой установки был выбран компактный 2,5-литровый двигатель D4CB, отвечающий эконормам Euro-5. Небольшая, на первый взгляд, мощность – 130 л.с. – компенсируется использованием 6-ступенчатой коробки передач.

Второй премьерой на стенде Hyundai Truck and Bus Rus, но уже российской, стала модель Hyundai Mighty с изотермическим фургоном.

Семейство Mighty представляет собой новое поколение популярного сегмента развозных грузовичков с полной массой 6000–8000 кг. В России будут доступны две версии: Mighty EX6 – полная масса 6500 кг, грузоподъемность 3880 кг – и Mighty EX8 – полная масса 7800 кг, грузоподъемность 5115 кг.

Перевозчики смогут выбирать между четырьмя вариантами колесной базы – от 2850 до 4200 мм, что позволит устанавливать разнотипные надстройки различной кубатуры. Кроме того, для восьмитонника будет предложена увеличенная колесная база 4200 мм.

На выбор будут предлагаться три типа кабин: стандартная, полуторная или двойная. Последняя будет актуальна для версии Mighty EX6 в комплектации шасси под спецнадстройки (пожарная, аварийная и т.п.), где требуется одновременная перевозка оборудования и рабочей бригады из 4–6 человек.

В качестве силового агрегата для нового поколения предлагается тандем двигателя D4GA мощностью 140 или 170 л.с. и пятиступенчатой механической коробки T060S5. Для тех, кто предполагает использовать автомобиль на междугородных маршрутах, есть и альтернативный вариант в виде шестиступенчатой механической коробки T060S6.

Новая модель позиционируется как существенно доработанная на основе пожеланий потребителей премиальная версия "рабочей лошадки" Hyundai HD78. С учетом роста популярности данного класса грузовиков в России Hyundai Mighty станет интересной альтернативой европейским и японским аналогам, предоставляя перевозчикам аналогичный комфорт и экономичность при более выгодных вложениях.

Кроме самого автомобиля нового семейства Mighty на стенде Hyundai Truck and Bus Rus демонстрируется и его двигатель F экологического стандарта "Евро-5". Посетителям представлена 3,9-литровая рядная "четверка" D4GA17 – это топовая модификация мощностью 170 л.с. при 2500 об/мин.

Подтверждением серьезности намерений присутствовать в сегменте LCV является демонстрация на стенде модели Hyundai H350. Презентованный в феврале 2017 г. в версии цельнометаллического фургона на выставке "Комтранс-2017" автомобиль был представлен в виде микроавтобуса для туристских перевозок с 13-местным салоном повышенной комфортности.

На российском рынке Hyundai H350 будет предложен в трех вариантах: цельнометаллический фургон, микроавтобус и шасси под установку различных надстроек. Все три версии имеют два варианта колесной базы и, соответственно, два варианта длины. При этом вместимость составит 10,5 (4 европоддона) либо 12,9 м^3 (5 европоддонов), а микроавтобус сможет перевозить от 10 до 13 пассажиров. Для расширения возможностей шасси по работе со спецнадстройками опционально предусмотрена установка механизма отбора мощности.

IVECO: мир автобусов

В центре внимания посетителей экспозиции IVECO оказался комфортабельный автобус Evadys, впервые представленный в России. Он попадает в сегмент между уже хорошо знакомыми перевозчикам городским автобусом IVECO Crossway, который признан в Европе абсолютным лидером в междугородных перевозках, и автобусом туристического класса IVECO Magelys, который был удостоен награды International Coach of the Year 2016, присуждаемой лучшему автобусу для международных перевозок. В новом Evadys воплощены лучшие решения обоих предшественников: прочная конструкция, максимальная забота о безопасности и комфорте пассажиров, простая и интуитивно понятная система управления для водителей с упрощением рутинных задач, низкая стоимость владения.

В сегмент автобусов свыше 6 т попадает и микроавтобус, представленный IVECO на выставке совместно с "СТ Нижегородец". Москвичи часто видят такие маршрутки на улицах города и весьма

IVECO Evadys

довольны ими. Положительные отзывы можно услышать и от перевозчиков – благодаря надежным двигателям и высокой остаточной стоимости.

Завершил экспозицию стенда IVECO автобус VSN-500 (на базе IVECO Daily), который оснащен трехлитровым двигателем мощностью 146 л.с. и шестиступенчатой коробкой передач.

Водитель с помощью установленного на планшет приложения Daily Business Up может выводить на экран более 48 параметров: скорость, запас топлива, средний расход, расход за поездку. И самое главное – после каждой поездки система оценивает вождение с точки зрения эффективности.

MAN: специальные комплектации

"Гвоздь" стенда MAN – эксклюзивный TGX 18.640 4×2 LLS в комплектации PerformanceLine Edition. Двухосный седельный тягач MAN TGS 19.440 4×2 BLS-WW цвета Titanium Silver демонстрируется в специальной комплектации для перевозки опасных грузов.

Грузовик MAN TGS по-настоящему многогранен: он готов к эксплуатации в любых условиях – от шоссе и магистралей до стройплощадок и лесного бездорожья. Лаконичный дизайн и мощь сочетаются с надежностью и безопасностью.

Отличие от седельных тягачей общего назначения – в дополнительном оснащении. Прежде всего, здесь предусмотрено все, что требует стандарт безопасности перевозки опасных грузов ADR – от специального исполнения конструктивных элементов до особой укладки электропроводки. К дополнительному оснащению можно отнести проти-

MAN TGX 18.640 4×2 LLS

вопожарную крышку над КП, двойной аварийный выключатель АБ, взрывобезопасную 15-контактную розетку за кабиной, а также два проблесковых маячка оранжевого цвета на крыше.

Под кабиной установлен двигатель MAN D2066LF62 мощностью 440 л.с. экологического стандарта "Евро-4". Справа размещен комбинированный топливный бак на 680 л. Запас реагента AdBlue – 75 л.

Кабина применена спальная – типа L, так что в случае необходимости можно отдохнуть в пути. Предусмотрены даже небольшой бытовой холодильник и откидной столик. Проведена подготовка под установку радиостанции, установлено устройство громкой связи для двух мобильных телефонов.

На выставке также были представлены и два TGX с двигателями мощностью 540 л.с. в двухосном и трехосном вариантах, а также двухосный вариант с двигателем мощностью 480 л.с.

Автопоезд на шасси MAN TGS 28.360 6×2-2 BL-WW с кузовом Schmitz Cargobull – представитель новой серии грузовых автомобилей, которую уже эксплуатирует крупнейший российский продовольственный ритейлер – сеть "Магнит". У созданной по новому техническому заданию клиента модификации полноценная спальная кабина заменена на укороченную. Это позволило увеличить длину кузова грузовика с 7800 до 8050 мм. В связи с сокращением плеча доставки уменьшен запас топлива с 900 до 490 л и, следственно, уменьшена собственная масса. В тандеме с прицепом в новом автопоезде теперь можно перевозить на одну европаллету больше.

MAN Lion's Coach – это большой люксовый автобус. Позиционируется он в первую очередь как туристический, однако, разумеется, будет также небезынтересен и корпоративным клиентам. Интересно, что посетители "Комтранса" увидели этот автобус раньше европейцев, которым его показали на Busworld-2017 в конце октября.

Автобус получил модернизированные двигатель и коробку передач. Мотор был форсирован на 20 л.с., что вылилось также в увеличение максимальной тяги на 200 Н·м. Теперь силовой агрегат соответствует экологическим нормам "Евро-6". Впрочем, для России можно будет заказать автобус и с силовым агрегатом стандарта "Евро-5".

Что касается салона Lion's Coach, то в нем были переработаны кресла, и теперь в каждом из них имеются USB-разъем, а также откидной столик, подходящий для размещения планшета.

Mercedes-Benz: в основе японский пикап

Среди представленных на выставке "Комтранс-2017" автомобилей с трехлучевой звездой есть один, заслуживающий особого внимания. Пикап Mercedes-Benz Concept X-класса демонстрирует настоящий стиль и высокую функциональность, начиная от оформления передка и заканчивая задними фонарями.

Строгость оформления салона, высококачественные материалы отделки (натуральная кожа, натуральное дерево и полированный алюминий), современное оборудование (продвинутая мультимедийная система с восьмидюймовым цветным экраном), удобные кресла, полный электропакет (крес-

Mercedes-Benz Concept X-класса

ла водителя и переднего пассажира, зеркала и стеклоподъемники), двухзонный климат-контроль.

Разумеется, в наличии есть масса электронных помощников и ассистентов: система слежения за объектами в слепых зонах зеркал заднего вида, система автоматического торможения с функцией обнаружения пешеходов, помощники при старте в горку и спуске с холма, система слежения за несанкционированным пересечением линии разметки, камера заднего вида или система кругового обзора, адаптивный круиз-контроль.

В основе пикапа – мощная рамная конструкция и задний неразрезной мост на пружинах. Базовая версия будет предлагаться только с задним приводом. За доплату скоро будет доступен полный привод 4Matic с блокировками центрального и заднего дифференциалов.

Гамма моделей пополнится модификацией с дизелем V6 (258 л.с.) – самым лучшим силовым агрегатом в сегменте среднеразмерных пикапов Пикап Mercedes-Benz X-класса придет на российский рынок во II квартале 2018 г.

Renault: французские бизнес-решения

На стенде французской компании были представлены грузовые автомобили Renault Trucks для магистральных перевозок и строительства: седельный тягач серии T High (4×2), седельный тягач T (4×2) и самосвал K (8×4).

Флагманский тягач новой гаммы Renault Trucks T High с колесной формулой 4×2 и мощностью двигателя 520 л.с. – грузовик в люксовой комплектации с высокой спальной кабиной и ровным полом. Автомобиль оснащен экономичным двигателем DXi13 520 л.с., автоматизированной 12-ступенчатой коробкой передач Renault Optidriver, моторным тормозом Optibrake+. Высокая кабина оборудована полноценными спальными местами, сиденье водителя выполнено в комплектации "Комфорт" на пневмоподвеске и с электроподогревом.

Седельный тягач Renault K (8×4)

Седельный тягач T с колесной формулой 4×2 – это практичное решение для региональных и среднемагистральных перевозок. Грузовик оснащен 11-литровым дизелем мощностью 430 л. с. экологического класса Euro-5 и автоматизированной 12-ступенчатой коробкой передач Optidriver. Кабина оборудована двумя спальными полками, верхняя складная – для экономии места.

Самосвал K 8×4 с кузовом Wielton объемом 20 м^3 оборудован двигателем DXi11 мощностью 460 л.с. экологического класса Euro-5, моторным тормозом Optibrake, а также 14-ступенчатой механической коробкой передач, системой помощи при трогании на подъеме, усиленным стояночным тормозом и усиленным шасси. Автомобиль нацелен на повышенные нагрузки в самых суровых условиях, обеспечивая комфорт для водителя.

На стенде также представлены послепродажные услуги и бизнес-решения, в которых специалисты компании Renault Trucks представляют клиентам широкий выбор сервисов по экономии топлива, управлению автопарком, обслуживанию и ремонту автомобилей.

Scania: новое поколение

Scania показала на своем стенде семь единиц техники, среди которых три седельных тягача нового поколения: S730 A4X2NA, R500 A4X2NA, G410 A6X2/4NB. Грузовики представлены в трех типах кабин: базовая G, кабина R повышенной комфортности и флагманская кабина S с ровным полом. Новые кабины имеют улучшенные аэродинамические показатели, что способствует снижению расхода топлива и уровня аэродинамических шумов. Высокой топливной эффективности способствуют и новые двигатели с обновленными топливными форсунками, термостатом в системе смазки и оптимизированным процессом сгорания. Благодаря применению инновационных решений

конструкторам удалось снизить расход топлива всех моделей семейства на 5 %. Дебют новинок состоялся в августе 2016 г. в Париже, теперь техника представлена российской публике.

Кроме того, теперь для клиентов будет доступен новый 13-литровый 6-цилиндровый рядный двигатель, предлагаемый с диапазоном мощности от 500 до 730 л.с. Представленная силовая установка отличается более эффективными показателями по сравнению с предшественниками, преимущественно за счет увеличения мощностных характеристик при сниженной массе агрегата.

На сегодняшний день европейские клиенты, которым было отгружено более 11 тыс. автомобилей нового поколения, уже успели оценить новые грузовики и в полной мере убедиться в том, что все обещания конструкторов оправдались – более 10 лет разработок стоили полученных результатов. Кроме того, это подтвердили и многочисленные независимые тесты, и экспертизы. Например, новое поколение автомобилей Scania отлично справилось с одним из сложнейших тестов для грузовой техники 1000 Point Test, набрав 943 балла из 1000 возможных и обогнав по сумме показателей всех конкурентов. Кроме того, новые автомобили серии S получили награду Truck of the Year 2017 на выставке IAA в Ганновере, став лучшими грузовиками этого года в мире.

Помимо нового поколения на стенде Scania были представлены и экспонаты текущего модельного ряда: седельный тягач G480 CA6X6 EHZ, комбинированная дорожная машина (КДМ) P400 CB6×4HHZ с распределителем противогололедных материалов, туристический автобус Scania Touring, а также тягач G340 LA4×2 HNA с двигателем, работающим на сжатом природном газе.

Volvo: "Железный рыцарь" и др.

На уличной экспозиции внимание посетителей "Комтранса-2017" привлекли седельный тягач Volvo FH 4×2 с 13-литровым двигателем мощностью 500 л.с. для магистральных перевозок; зерновоз Volvo FM 6x4 с 13-литровым двигателем мощностью 460 л.с., автоматической КП I-Shift и кузовом Wielton объемом 30 м^3 с трехсторонней разгрузкой; лесовоз Volvo FH16 мощностью 600 л.с. с колесной формулой 6×4, кабиной Globetrotter, автоматическая КП I-Shift с понижающими передачами, усиленным передним бампером и надстройкой Alucar. Был представлен также мусоровоз Volvo FM 6×2 с 11-литровым двигателем мощностью 330 л.с., с дневной кабиной с двумя пассажирскими сиденьями.

Кроме популярных моделей грузовиков на стенде компании можно было увидеть специальные версии автомобилей, в частности Volvo FH Viking и Volvo FH Ocean Race.

Среди строительной техники особо можно выделить Volvo FMX 8×4 Tridem с самосвальным кузовом Wielton Konisch объемом 16 м^3. Грузовик комплектуется 13-литровым двигателем мощностью 420 л.с. в паре со строительной версией АКП I-Shift. Отличительная особенность заключается в передовой технологии Volvo Trucks – трехосной задней тележке Tridem с подъемной управляемой задней осью и технической нагрузкой 36 т. Это позволяет осуществлять сбалансированную загрузку кузова с корректным распределением по осям, избегая превышения перевозимой массы груза. А за счет комбинации Tridem и системы динамического рулевого управления Volvo самосвал отличается повышенной маневренностью, комфортным рулевым управлением и небольшим радиусом разворота, что важно при эксплуатации на ограниченных пространствах строительных площадок.

Посетители выставки также увидели Volvo FMX 6×6 с усиленным самосвальным кузовом Meiller объемом 16 м^3 для сверхтяжелых условий эксплуатации. Благодаря 24-дюймовым колесам грузовик справится с любыми экстремальными заданиями. А мощный и тяговитый 13-литровый двигатель мощностью 420 л.с. обеспечивает внушительные 2100 Нм крутящего момента, что в сочетании с КП Powertronic позволит без труда транспортировать различные виды строительных грузов.

Для транспортно-строительных задач идеально подойдет Volvo FM 6×4 с механизмом подъема задней оси в двухосной тележке Tandem Axle Lift. За счет этого существенно сокращается износ шин, а расход топлива снижается до 4 %.

На стенде шведской компании был представлен гоночный грузовик Volvo Iron Knight ("Железный рыцарь") – обладатель сразу двух мировых рекордов скорости на 500 и 1000 м.

ТЫСЯЧНЫЙ ГАЗОМОТОРНЫЙ АВТОМОБИЛЬ КАМАЗ

В ПАО "КАМАЗ" состоялось торжественное мероприятие, посвященное выпуску в новом производственном корпусе 1000-го газомоторного автомобиля. Юбилейным грузовиком стал полноприводный КАМАЗ-43114 на компримированном природном газе.

Тысячный KAMAZ в новом корпусе газомоторных автомобилей

В мероприятии приняли участие заместитель министра транспорта и дорожного хозяйства Татарстана Айрат Усманов, помощник премьер-министра РТ по вопросам нефтегазохимического комплекса Эльдар Адеев, руководители и работники компании. "Мы становимся свидетелями и участниками исторического перехода на новый вид топлива: это радикальное изменение в автомобильной промышленности, и мы с вами причастны к этому интересному и сложному процессу", – отметил директор по газомоторной технике ПАО "КАМАЗ" Евгений Пронин, поздравляя коллег с важным событием.

Пронин подчеркнул, что в новом корпусе газовых автомобилей за 2,5 года с момента его открытия выпущено 1000 автомобилей, а всего в России эксплуатируется уже 5,5 тыс. автомобилей и автобусов КАМАЗ на газомоторном топливе. По его словам, новая техника уже стала востребованным потребителем серийным продуктом. Он также выразил уверенность, что эта цифра будет динамично увеличиваться, ведь потребитель в полной мере убедился в преимуществах газомоторной техники – в ее экологичности и экономичности.

В рамках митинга состоялось награждение работников корпуса. Также была организована экскурсия по корпусу газовых автомобилей. Гости ознакомились с технологией хранения, сборки, испытаний и установки газобаллонного оборудования на автомобили.

Большой популярностью пользовалась экспозиция газовой автотехники КАМАЗ. Здесь были представлены тягач КАМАЗ-65115, работающий на сжиженном природном газе, газодизельный КАМАЗ-5490 NEO, самосвал КАМАЗ-65116 на компримированном природном газе и другие экспонаты, подтверждающие широкие производственные возможности нового камазовского корпуса. Завершилось мероприятие торжественным выездом 1000-го газомоторного КАМАЗа. Заказчиком юбилейного автомобиля стал один из крупных корпоративных клиентов компании – ПАО "Газпром".

Корпус по производству газомоторных автомобилей был открыт на автомобильном заводе 22 апреля 2015 г. в рамках выполнения государственной программы по расширению исполь-

Подготовка к установке газобаллонного оборудования на автомобиль

Развитие производства газомоторной техники является для компании одним из важнейших направлений

зования природного газа в качестве моторного топлива. К концу того же года было собрано 204 автомобиля, работающих на компримированном природном газе. В 2016 г. число выпущенной газовой техники достигло 340 ед. Сегодня ПАО "КАМАЗ" является ведущим российским производителем автомобилей и автобусов, работающих на природном газе. По итогам 2017 г. было собрано около 600 автомобилей, в их числе 271 КАМАЗ-5490 NEO в газодизельном исполнении и несколько грузовиков, работающих на сжиженном природном газе.

Развитие производства газомоторной техники является для компании одним из важнейших направлений. В планах на 2018 г. – выпуск 1000 автомобилей. Это число продиктовано реальным спросом на газобаллонную автотехнику КАМАЗ, при этом производственные мощности корпуса позволяют выпускать больший объем работающих на метане автомобилей. Кроме того, в связи с потребностью рынка планируется значительное расширение модельного ряда автомобилей в газодизельном исполнении и техники, работающей на сжиженном природном газе.

Пресс-служба ПАО "КАМАЗ"

Аварийно-ремонтная мастерская и мусоровоз на сжатом природном газе

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

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

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

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

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

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

Scania расширяет гамму автобусов, работающих на альтернативных видах топлива

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

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

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

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

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