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

Том 17. № 1. 2018 г. Издается с января 2002 г. Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА

Ерохов В.И.

Технико-эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей нового поколения. Лекция № 1. Часть 4. Эксплуатационные показатели газобаллонных автомобилей нового поколения 3

Приведены эксплуатационные характеристики современных газобаллонных автомобилей нового поколения. Установлены закономерности изменения эксплуатационных параметров газовых и газодизельных двигателей нового поколения. Дан анализ безопасной эксплуатации газобаллонных автомобилей. Приведены показатели безопасности конструкции газобаллонных автомобилей. Обобщены технические решения безопасности конструкции газобаллонных автомобилей. Приведены характеристики безопасности конструкции газобаллонных автомобилей.

Фурман В.В., Плахов С.В., Марков В.А., Коссова Л.Е.

Системы электронного управления топливоподачей для газовых и газодизельных двигателей 20

Рассмотрены особенности работы дизельных двигателей, адаптированных к работе на природном газе. Описаны разработанные системы электронного управления топливоподачей дизельных и газодизельных двигателей.

Наджафова М.А., Мамедова Т.А., Теюбов Х.Ш., Аскерова Э.Н., Алиева С.К., Аббасов М.М., Мовсумов Н.Э.

Спектроскопические исследования жидких продуктов пиролиза виноградной лозы 29

В настоящей работе представлены результаты спектроскопических исследований жидких продуктов пиролиза биомассы (виноградной лозы). Установлено, что полученный жидкий продукт пиролиза аналогичен многим нефтям Азербайджана. Использование в качестве теплоносителя – кварцевого песка уменьшает кислотные и увеличивает алкильные группы.

ИНФОРМАЦИЯ

Савченко А.С.

14-я международная выставка коммерческого автотранспорта "Комтранс-2017". Часть 1 34

"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. Начнем обзор выставки с отечественных автопроизводителей, которые в этом году показали много интересных новинок.

EcoGas станет общедоступным автомобильным топливом 41

На вопросы журнала отвечает Председатель Правления – генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Михаил Лихачев.

Филиппов А.А.

Метановый Mercedes-Benz Sprinter 46

Сегодня мы будем говорить о метановом Mercedes-Benz Sprinter. Хотелось бы ответить на некоторые вопросы, которыми нас порой озадачивали на заправках как операторы, так и просто коллеги по автомобилям на природном газе.

Новости 48

Учредитель
ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

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

Зам. главного редактора
А.С. Савченко

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

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

Редактор
И.Л. Сильченкова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва,
Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru
Подписано в печать 27.12.2017 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

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

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

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

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

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

Vol. 17. № 1. 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.

Technical and operational characteristics of gas-cylinder vehicles of the new generation. Lecture №1. Part 4. Performance characteristics of gas-cylinder vehicles of the new generation 3

Given the operational characteristics of modern gas-cylinder vehicles of the new generation. The regularities of changes in the operating parameters of the gas and gas-diesel engines of new generation. The analysis of safe operation of LPG vehicles. Given the safety performance of construction-cylinder cars. Summarizes technical solutions for the safe design of LPG cars.The characteristics of construction safety of LPG vehicles.

Furman V.V., Plakhov S.V., Markov V.A., Kossova L.E.

Electronic systems of fuel supply control in gas and diesel-gas engines 20

Operational features of diesel engines fitted to use natural gas as a fuel have been considered. The developed electronic systems of fuel supply control in gas and diesel-gas engines are characterized.

Najafova M.A., Mamedova T.A., Teyubov H.Sh., Askerova E.N., Alieva S.K., Abbasov M.M., Movsumov N.E.

Spectroscopic investiqation of the pyrolysis products of the grape vine 29

In this work, the results of spectroscopic studies of liquid pyrolysis products of biomass (grapevine) are presented. It is established that the resulting liquid product of pyrolysis is analogous to many of Azerbaijan's oil. Use as a coolant – quartz sand reduces acidic and increases alkyl groups.

INFORMATION

Savchenko A.S.

14th International Exhibition of Commercial Vehicles "Comtrans-2017". Part 1 34

"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. Let's start the review of the exhibition with domestic automakers, which this year showed a lot of interesting new products.

EcoGas will become a public automobile fuel 41

The questions of the journal are answered by the Chairman of the Board – General Director OOO "Gazprom gazfuel" Mikhail Likhachev.

Filippov A.A.

Mercedes-Benz Sprinter on methane 46

Today we will talk about the methane Mercedes-Benz Sprinter. I would like to answer some questions, which sometimes puzzled us at gas stations, both operators and just colleagues on cars on natural gas.

News 48

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

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ. ЛЕКЦИЯ № 1. ЧАСТЬ 4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГАЗОБАЛЛОННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

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

Приведены эксплуатационные характеристики современных газобаллонных автомобилей нового поколения. Установлены закономерности изменения эксплуатационных параметров газовых и газодизельных двигателей нового поколения. Дан анализ безопасной эксплуатации газобаллонных автомобилей. Приведены показатели безопасности конструкции газобаллонных автомобилей. Обобщены технические решения безопасности конструкции газобаллонных автомобилей. Приведены характеристики безопасности конструкции газобаллонных автомобилей.

Ключевые слова: *газобаллонный автомобиль; газовый двигатель; сжиженный углеводородный газ; сжиженный и компримированный природный газ; надежность газобаллонных автомобилей; полный жизненный цикл; точка росы; физический и параметрический отказ; безопасность конструкции.*

TECHNICAL AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF GAS-CYLINDER VEHICLES OF THE NEW GENERATION. LECTURE № 1. PART 4. PERFORMANCE CYLINDER CARS THE NEW GENERATION

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

Given the operational characteristics of modern gas-cylinder cars of the new generation. The regularities of changes in the operating parameters of the gas and gas-diesel engines of new generation. The analysis of safe operation of LPG vehicles. Given the safety performance of construction-cylinder cars. Summarizes technical solutions for the safe design of LPG cars. The characteristics of construction safety of LPG vehicles.

Keywords: *gas car; engine gas, liquefied petroleum gas; liquefied and compressed natural gas; the reliability of LPG vehicles; full life cycle; dew point; parametric and physical failure; the safety of the structure.*

Современные отечественные газобаллонные наземные транспортные средства (НТС) снабжены оригинальными техническими решениями, разработанными совместно с ведущими европейскими фирмами MAN, Volvo [1]. ПАО "КАМАЗ" освоена полная номенклатура однотопливных НТС для работы на КПГ [2, 3]. Во многих странах разработаны и реализуются программы применения альтернативных видов топлива (АВТ).

Пусковые качества газобаллонных автомобилей, работающие на газовом топливе, практически не отличаются от базовых бензиновых. При использовании газового топлива газобаллонные автомобили второго и третьего поколений по пусковым качествам несколько уступают базовым бензиновым модификациям. Существует несколько причин. Некоторые из них связаны с более высокой температурой воспламенения горючей смеси, меньшей скоростью распространения фронта пламени, повышенной степенью сжатия. Другие причины связаны с конструкцией газовой аппаратуры, не обеспечивающей в момент пуска оптимального процесса смесеобразования топливоподачи и воспламенения горючей смеси.

При отрицательных температурах окружающего воздуха надежный пуск газобаллонных автомобилей второго и третьего поколения осуществляют до –4 °С, а при температуре ниже –8 °С пуск средств облегчения вызывает еще бо́льшие затруднения.

При более низких температурах запуск газового двигателя вызывает еще бо́льшие затруднения. В интервале температур от –6 до –8 °С пуск газового двигателя носит вероятностный характер и может быть осуществлен только при правильной регулировке газовой аппаратуры в сочетании с надежной работой электропусковой системы. При более низких температурах требуется тепловая подготовка или запуск ДВС на СУГ на жидком моторном топливе.Расход топлива на тепловую подготовку составляет 0,4 л на один пуск газового холодного двигателя.

Эффективность холодного пуска газового двигателя зависит прежде всего от правильной работы клапана второй ступени редуктора-испарителя, управляемого величиной разрежения в системе топливоподачи. Подача газового топлива и эффективный запуск двигателя могут быть достигнуты при величине открытия дросселя, равной 5–10°. Разрежение в разгрузочном устройстве составляет 0,7–0,8 кПа, обеспечивая надежное открытие клапана второй ступени газового редуктора [4].

Одним из эффективных способов тепловой подготовки газобаллонных автомобилей является их оснащение индивидуальными инфракрасными подогревателями с питанием газом из баллонов автомобиля (рис. 1).

Нарушение работы узла второй ступени редуктора-испарителя связано с зависанием клапана

 ISSN 2073-8323

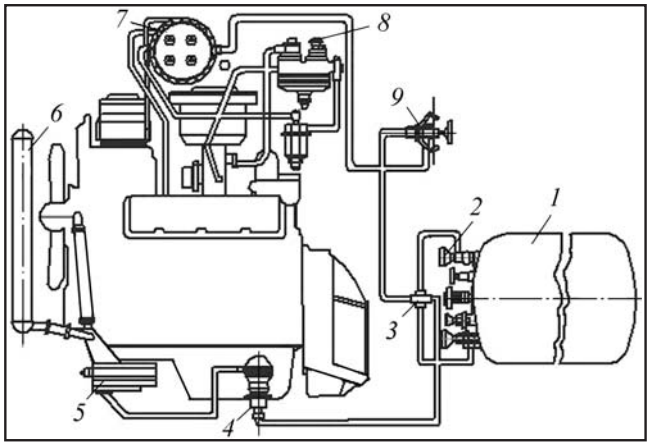


Рис. 1. *Схема тепловой подготовки двигателя для работы на СУГ:*
1 – газовый баллон; *2* – вентиль паровой фазы; *3* – крестовина; *4* – редуктор; *5* – подогреватель с инфракрасной горелкой; *6* – тепловой аккумулятор; *7* – испаритель СУГ; *8* – газовый редуктор; *9* – магистральный вентиль

второй ступени, сопровождающееся после продолжительной стоянки к прекращению подачи газа в период пуска холодного двигателя. Для улучшения пусковых качеств обеспечивают подачу газа, минуя вторую ступень редуктора-испарителя.

Таблица 1

Показатели эксплуатационных показателей при работе на КПГ

Преимущество компримированного природного газа	
Показатели	Социально-экономическая эффективность
Безопасность	Согласно "Классификации горючих веществ по степени чувствительности", утвержденной приказом МЧС РФ N 404 от 10.07 2009 г., метан относится к безопасному 4-му классу (слабочувствительные вещества)
Экологичность	Природный газ является наиболее экологичным моторным топливом. Доступное его использование позволяет значительно снизить количество ВВ в ОГ до уровня стандартов "Евро-4" и "Евро-5"
Экономичность	Стоимость КПГ в 2–3 раза ниже транспортных расходов нефтяных топлив и сокращаются расходы

Пуск двухтопливного холодного газового двигателя обеспечивает переход с бензина на газовое топливо автоматически при достижении частоты вращения каленвала (КВ), равной 1300 мин$^{-1}$. Температура ОЖ достигает рабочих режимов.

Важной отраслевой задачей является адаптация НТС к эффективной эксплуатации на КПГ. Основные преимущества компримированного природного газа приведены в табл. 1.

При температуре окружающего воздуха до –5 °С эффективный пуск двигателя на КПГ второго и третьего поколения может осуществляться как на газовом топливе, так и на бензине. Удовлетворительный пуск двигателя при температуре окружающего воздуха до –8 °С может быть достигнут только при правильной регулировке газовой аппаратуры в сочетании с достаточно надежной работой стартера. При более низких температурах (–10 °С) пуск газового двигателя вызывает затруднения.

Ухудшение пусковых качеств двигателя частично связано с зависанием клапана второй ступени, приводящего к прекращению подачи газа в период пуска.

Схема инфракрасного автономного подогревателя КПГ газового второго и третьего поколения приведена на рис. 2.

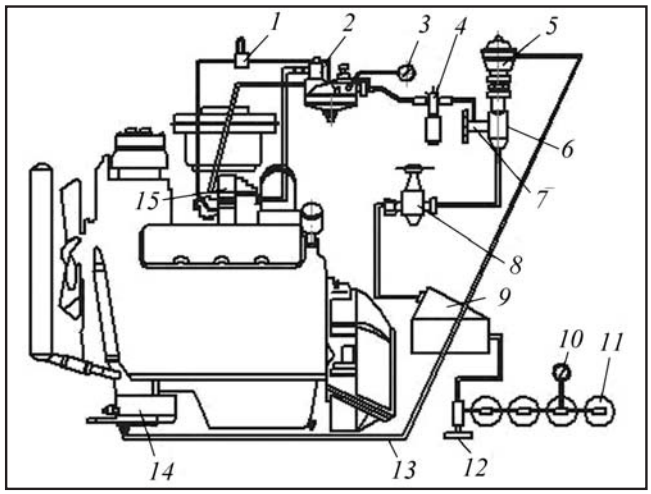


Рис. 2. *Схема тепловой подготовки двигателя для работы на КПГ:*
1 – электромагнитный пусковой клапан; *2* – редуктор низкого давления; *3* – манометр; *4* – электромагнитный клапан-фильтр; *5* – одноступенчатый редуктор; *6* – проставка; *7* – вентиль; *8* – редуктор высокого давления; *9* – подогреватель газа;*10* – манометр высокого давления; *11* – баллон для сжатого газа; *12* – расходный вентиль ; *13* – газопровод; *14* – инфракрасный подогреватель; *15* – смеситель

Таблица 2

Алгоритм пуска двигателя при работе на КПГ

Параметр	Температура охлаждающей жидкости	
	≤10 °С	>10 °С
Без предшествующей заправки газом	Пуск при работе на бензине	Пуск при работе на газе
	Переключение в режим работы на газе. Завершение фазы холодного пуска, температура охлаждающей жидкости >10 °С и продолжительность после пуска превышает 100 с	
С предшествующей заправкой газом	Пуск при работе на бензине	Пуск при работе на бензине Пока не завершится адаптация к качеству газа
	Переключение в режим работы на газе. После активации λ-регулирования, температура охлаждающей жидкости больше 10 °С и время после пуска больше 100 с	Переключение в режим работы на газе. После активации λ-регулирования, но не позднее 540 с

Для питания инфракрасного подогревателя автомобиля в конструкцию вносят дополнительные узлы, проставку *6* с вентилем *7*, редуктор *5* с запорным клапаном, газопровод *13*, газовый подогреватель *14*. Подключение к системе питания газового подогревателя *16* осуществляется редуктором высокого давления *8*.

В процессе работы подогревателя с помощью вентиля *7* исключается подача газа в двигатель автомобиля. Расход газа инфракрасной горелкой 0,323 м^3/ч. Трудоемкость установки автономного инфракрасного подогревателя 2–2,3 чел.-ч.

В настоящее время разработаны конструкции современных подогревателей для ГБА для работы на СУГ и КПГ. Холодный пуск двигателя на КПГ четвертого поколения эффективно осуществляется при температуре охлаждающей жидкости ≤ 10 °С. При работе двигателя на бензине активизируются клапаны подачи газа. В этом случае при закрытом клапане высокого давления для работы на газе к бензину добавляют 15 % газа (от общего количества топлива).

Если газ поступает из газораспределительной магистрали, то на клапаны подачи газа через 60 с подают полное напряжение. Температура ЭМФ повышается на 35 °С, исключает залипание клапанов подачи газа. Затем включается клапан высокого давления для работы на газе, и давление снова поднимается в газораспределительной магистрали.

Важным направлением улучшения энергетических параметров газовых двигателей является совершенствование эксплуатации при низких температурах [5]. Переключение в режим работы на газе происходит в соответствии с алгоритмом, приведенным в табл. 2.

Электронная настройка системы подачи обусловлена применением в эксплуатации двух марок газа с различным содержанием метана [5]. При температуре охлаждающей жидкости (ОЖ) > 10° теплоты ОЖ достаточно для исключения обледенения регулятора давления газа в процессе редуцирования газа. Кроме того, из-за сухости газа в седлах клапанов подачи газа использованы уплотнения из эластомера. При низких температурах они могут прилипнуть и больше не открываться. При температуре >10 °С этого не происходит.

Улучшение пусковых качеств двигателя автомобилей ЗИЛ-431810 связано с применением новой пусковой системы, позволяющей осуществить пуск холодного двигателя при температуре окружающей среды до –10–15 °С. Время, затрачиваемое на подготовку и пуск двигателя, сокращается на 20–25 мин. Система применена на газобаллонных автомобилях ЗИЛ нового поколения.

При сгорании 1 м^3 метана при сгорании образуется 1,6 кг водяных паров. Точка росы ОГ при работе на газовом топливе при $\alpha = 1,3$ (на метане) наступает при температуре 42–48 °С [6]. Закономер-

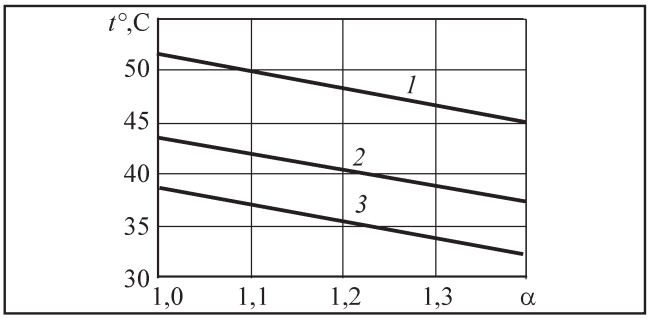


Рис. 3. *Точка росы продуктов сгорания транспортного двигателя:*
1 – КПГ; *2* – СУГ; *3* – бензин

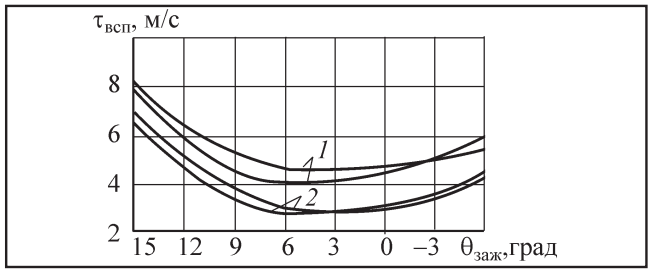


Рис. 4. *Зависимость продолжительности пуска газового двигателя от величины установочного угла опережения зажигания:*
1 – продолжительность от начала пуска до набора устойчивой работы (СУГ); *2* – продолжительность от набора старта до появления первой вспышки (КПГ)

ность изменения точки росы продуктов сгорания конвертированного двигателя с принудительным воспламенением приведена на рис. 3.

При холодном двигателе влага конденсируется на его деталях, имеющих температуру ниже точки росы. Изменение точки росы зависит от количества образующейся влаги. Количество влаги в газе не должно превышать 9 мг/нм^3.

Точка росы при давлении 20 МПа равна –30 °С, а при нормальном давлении –72 °С. При этом образование льда в любом месте газовой аппаратуры практически невозможно. Несоблюдение этого условия приводит к образованию льда (ледяных пробок) в газовых редукторах при дросселировании КПГ. Точка росы КПГ на входе линии высокого давления АГНКС соответствует температуре –52 °С, а на выходе –30 °С. Одна из наиболее важных проблем эффективного использования КПГ связана с осушкой его на АГНКС. Из неосушенного газа, находящегося под давлением 20 МПа, при низкой температуре выпадают капли влаги. Давление газа первоначально понижают до величины 1,0 МПа, поэтому его температура резко снижается и приводит к образованию гидратов. Содержание сероводорода в КПГ не должно превышать по массе 0,1 %.

Зависимость продолжительности пуска двигателя при отрицательной температуры от величины установочного угла опережения зажигания приведена на рис. 4.

Продолжительность запуска холодного двигателя существенно зависит от величины установочного угла опережения зажигания. Продолжительность пуска с момента старта до появления первой вспышки (кривая *2*) и начала устойчивой работы двигателя (кривая *1*) в зависимости от величины угла опережения зажигания представлена на рис. 4.

Оптимальная величина угла опережения зажигания при работе на СУГ составляет 5° от набора старта до появления первой вспышки (базовый автомобиль имеет 3°) составляет 2,5 мс, а выход на устойчивую частоту вращения КВ – 4,2 мс [7, 8].

Меньшая скорость сгорания требует увеличения угла опережения зажигания, что приводит к перегреву деталей двигателя. Задержка воспламенения существенно влияет на экологические и топливно-энергетические показатели современного ДВС. Начало процесса сгорания может быть рассчитано с учетом величины задержки воспламенения, определяемой по формуле

$$\tau_{зв} = ABn\sqrt{T/p}\exp^{\frac{E_0}{RT}}, \qquad (1)$$

где A, B – константы; n-частота вращения КВ, мин$^{-1}$; E_0 – энергия активации топлива, кДж/кмоль; T – температура, К; R – газовая постоянная.

Увеличение температуры на 10 °С сопровождается повышением скорости химической реакции в 4 раза, а при возрастании до 100 °С увеличивается до 1000 раз. При повышении температуры возрастает скорость движения молекул и возрастает число соударений в 1,3 раза между ними.

Меньшая скорость сгорания требует увеличения угла опережения зажигания, что приводит к перегреву деталей двигателя.

Оптимальная величина открытия дроссельной заслонки в процессе запуска холодного двигателя равна 10–12° (от положения полного ее закрытия).

Рекомендуемой величине открытия дросселя должна соответствовать частота вращения КВ, равная 70 мин$^{-1}$. Последнее связано с тем, что степень сжатия у газовых двигателей на 25 % выше по сравнению с карбюраторными. Это сопровождается повышенным сопротивлением прокручиванию КВ двигателя при одних и тех же параметрах электростартерной системы. Для данных режимов запуска коэффициент избытка воздуха и коэффициент наполнения равны 0,23 и 0,42.

Запуск и прогрев газодизеля осуществляется только в режиме работы на ДТ, а переход в режим работы на двойном топливе происходит только при достижении температуры охлаждающей жидкости 72 °С, после чего газовые форсунки прекращают работу.

Схема воспламенения во впускном трубопроводе газобаллонных автомобилей приведена на рис. 5.

Одной из проблем газового двигателя является эффект хлопка. Подобное воспламенение газа с топливом происходит во впускном трубопроводе. В новых системах ВТ становится более объемным и более сложным узлом, обеспечивающим хорошую кривую крутящего момента [9].

Причины воспламенения (хлопков) во впускном трубопроводе газового двигателя третьего поколения обусловлены перебоями в искрообразовании из-за неисправностей основных ее компонентов, одновременным искрообразованием в двух цилиндрах двигателя и большим углом одновременного открытия впускного и выпускного клапанов. Перебои в искрообразовании связаны с неисправностями катушек зажигания свечей, высоковольтных проводов и наконечников, датчика детонации и электронного блока управления. Из-за перебоев в искрообразовании несгоревшая смесь воспламеняется на такте выпуска. Происходит перепуск пламени во впускной трубопровод с последующим воспламенением газовоздушной смеси с характерным хлопком.

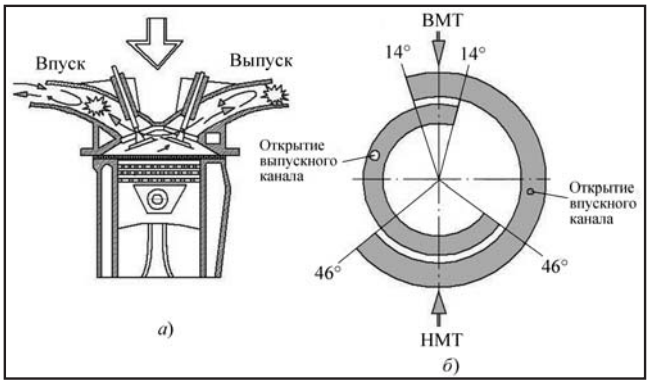


Рис. 5. *Схема воспламенения горючей смеси во впускном трубопроводе газобаллонных автомобилей:*
а – схема образования хлопкового эффекта; *б* – фазы газораспределения газового двигателя

В газовых двигателях с центральным поступлением газа появление хлопка при работе на газовом топливе может вызвать разрушение компонентов бензинового двигателя. В частности, происходит выход из строя прибора измерения потока воздуха.

Одним из основных показателей технического уровня газобаллонных автомобилей (ГБА) является безопасность конструкции газовой аппаратуры. Критерием надежной ее работы считают наработку до появления первого отказа, т.е. до нарушения герметичности элементов системы питания, сопровождающегося утечкой газа и создающего угрозу безопасной эксплуатации автомобиля или прекращающего транспортный процесс.

Безопасность конструкции газовой аппаратуры характеризует технический уровень ГБА.

Параметрические отказы газовой аппаратуры предопределяются ее конструктивной особенностью и условиями эксплуатации.

Конструктивные факторы обеспечивают достижение необходимого уровня физических и параметрических отказов газовой аппаратуры.

Эксплуатационные факторы. Принятая регламентная система технического обслуживания НТС обеспечивает поддержание параметров газовой аппаратуры на необходимом уровне до капитального ремонта.

Надежность ГБА формируется на стадии проектирования, выбора технологий и требованиями при эксплуатации [10]. Нарушение герметичности элементов системы питания сопровождается утечкой газа и создает угрозу безопасной эксплуатации автомобиля или прекращение транспортного процесса.

Для комплексной оценки техногенного воздействия на окружающую среду производственного процесса, изделия или услуги рассматривают все стадии их жизненного цикла – от добычи сырья и его переработки для получения материалов до утилизации продукции (изделия) по окончании его эксплуатации. Оценка технологических процессов

и продукции по полному жизненному циклу является достаточно сложной методологической проблемой и трудоемкой операцией. Оценка базируется на большом количестве статистической информации многих производственных процессов, происходящих как на различных предприятиях, так и в разных отраслях народного хозяйства.

Безотказная работа системы питания ГБА предопределяется количеством и техническим уровнем функциональных элементов ГБА. Вероятность безотказной работы газовой системы питания по критерию герметичность может быть представлена зависимостью

$$P_{сп} = p_{гб} p_{бв} p_{рп} p_{гф} p_i , \quad (2)$$

где $P_{сп}$ – вероятность безотказной работы системы питания; $p_{гб}$, $p_{бв}$, $p_{рп}$, $p_{гф}$, – вероятность безотказной работы газового баллона, баллонного вентиля, редуктора-подогревателя, газового фильтра; p_i – вероятность безотказной работы i-го аппарата.

Нарушение компонентного состава газового топлива может привести к преждевременному износу двигателя, а иногда и к разрушению деталей его цилиндро-поршневой группы. Вероятность детонации повышается, а вместе с ней растет вероятность разрушения поршней двигателя.

Термический предохранитель установлен на баллонном вентиле и предотвращает разрушение газового баллона вследствие чрезмерного повышения давления из-за воздействия высоких температур. Предохранительный клапан обеспечивает непосредственный выпуск газа в атмосферу.

Пропускную способность мембранных предохранительных устройств в случае статического повышения давления рассчитывают по формуле:

$$G = AFp\sqrt{M / T}, \quad (3)$$

где M – молярная масса газов (кг/кмоль), проходящих через устройство; T – температура газа, К; A – коэффициент; p – давление, МПа.

Для защиты газовых баллонов применяют предохранительные мембраны.

Термический предохранитель установлен на запорном клапане. Он предотвращает разрушение газового баллона вследствие чрезмерного повышения давления из-за воздействия высоких температур.

Для обеспечения безопасности клапан сброса давления снабжен разрывной мембраной. Газовый двигатель в полном жизненном цикле имеет ряд особенностей. Скорость сгорания газа, связанная с высоким октановым числом (ОЧ), требует увеличения угла опережения зажигания, что приводит к перегреву деталей двигателя. В эксплуатации наблюдаются случаи прогорания днища поршней и клапанов при слишком раннем зажигании и работе на бедных смесях.

Важным элементом термического предохранителя является небольшая стеклянная капсула, содержащая жидкость и предотвращающая выход газа. При повышении температуры до 110 °С и выше жидкость в капсуле расширяется и разрушается. ПГ выходит в атмосферу через специальные отверстия. Процесс осуществляется под контролем и исключает возможность воспламенения при пожаре в автомобиле или разрушение баллона из-за повышения температуры.

Двигатель, работающий на метане, обладает меньшей скоростью сгорания и высоким ОЧ, равным 115 ед.

Физический отказ представляет собой нарушение работоспособности газовой аппаратуры, сопровождающийся утечкой газа и прекращением транспортного процесса, а в ряде случаев – существенным снижением безопасной эксплуатации газобаллонного автомобиля.

Параметрические отказы характеризуются неоптимальной частотой вращения КВ и мощностью газового двигателя, увеличением частоты вращения КВ газового двигателя на режимах ХХ, а также невозможностью работы двигателя в газодизельном режиме.

Сформулированы принципы и методы обеспечения безопасности ГБА в полном жизненном цикле.

Основные узлы и детали топливной аппаратуры имеют недостаточную эксплуатационную надежность. Средний ресурс их наработки до первого отказа находится в пределах от 9 до 22 тыс. км. Наработка до первого отказа редуктора низкого давления равна 9 тыс. км, карбюратора-смесителя – 10 тыс. км, редуктора высокого давления – 12 тыс. км, газового фильтра – 16 тыс. км и трубопроводов высокого давления – 22 тыс. км.

Недостаточная надежность газовой аппаратуры снижает на 5–6 % коэффициент выпуска газобаллонных автомобилей. Наиболее типичными отказами газовой аппаратуры являются нарушения регулировок газового редуктора низкого давления и

карбюратора-смесителя, а также герметичности запорно-предохранительной аппаратуры.

Неисправность ГБА связана с попаданием на рабочую поверхность клапана или его седла механических примесей. Нарушение нормальной работы второй ступени редуктора происходит через 10–12 тыс. км из-за скопления на поверхности клапана и седла грязевого осадка и повреждения резинового уплотнителя. Эта неисправность сопровождается выходом газа через воздушный фильтр при неработающем двигателе и представляет собой повышенную опасность при проведении ТО и ТР, хранении или пребывании автомобилей в закрытых помещениях. Забоины и риски на клапане ликвидируют путем его притирки.

Характерным дефектом редуктора высокого давления является разрыв диафрагмы и разрушение уплотнительной прокладки. Эти неисправности появляются при наработке 22 тыс. км и 12 тыс. км соответственно.

Наиболее опасными являются разрывы трубопроводов высокого давления, прорыв газа через диафрагму или клапан второй ступени редуктора низкого давления и негерметичность баллонных вентилей.

Характерной особенностью рабочего процесса, определяющего эксплуатационную надежность двигателя в целом, является более мягкая его работа. Применение газового топлива уменьшает отложения как в самом двигателе, так и в системе топливоподачи. Наличие меньшего количества отложений способствует уменьшению износа трущихся деталей двигателя.

Моторное масло в меньшей степени подвержено загрязнению механическими примесями, не разбавляется бензином в случае применения ГСН или КПГ, что позволяет обоснованно увеличивать регламентируемые интервалы его замены и масляных фильтров. Перевод двигателя с бензина на ГСН уменьшает износ гильз цилиндров на 14 %, поршней – на 17 %, поршневых колец – на 63 %, шеек КВ двигателя – на 57–70 %. Срок службы свечей зажигания увеличивается на 40 %. Срок службы масляных фильтров возрастает в 1,5–2 раза. При этом периодичность смены моторного масла увеличивается в 1,5–2 раза, что на 18–20 % уменьшает его эксплуатационный расход.

Запас хода автомобиля при работе на СУГ равноценный бензиновому. В целом запас хода ГБА при работе на бензине и СУГ повышается в два раза. При расчетах для замещения 1 т бензина в соответствии с топливным эквивалентом требуется 0,98 т СУГ. Объемный расход СУГ на 15 % выше бензина, что находит отражение при нормировании газового топлива.

При эксплуатации ГБА во второй ступени редуктора скапливается значительное количество трудно испаряющегося маслянистого конденсата. Его образование связано с тем, что при испарении ГСН тяжелые трудно испаряемые углеводороды находятся во взвешенном состоянии, а при резком уменьшении давления, скорости и изменения направления движения они выпадают в осадок и скапливаются в нижней части второй ступени редуктора-испарителя. Автомобильный газ не предусматривает наличие жидкого осадка при температуре + 40 °С.

Количество конденсата в редукторе зависит от режима работы двигателя. При работе двигателя на режиме ХХ и малых нагрузок конденсата выпадает больше, так как скорости в редукторе минимальные. При работе двигателя на больших нагрузках тяжелые углеводороды не осаждаются в редукторе, а попадают непосредственно в двигатель.

Наличие конденсата в редукторе способствует быстрому старению мембранного полотна (особенно в нижней части). Значительное его количество изменяет регулировку редуктора, увеличивает токсичность ОГ. Конденсат обладает неприятным запахом, так как в нем скапливается значительное количество одоранта.

Основу безопасной эксплуатации газобаллонных НТС составляет анализ температурных и концентрационных пределов. Газ имеет высокую температуру самовоспламенения и более высокие концентрационные пределы воспламенения (рис. 6).

Основу достаточной безопасной эксплуатации газобаллонных НТС составляют высокие температурные и концентрационные пределы самовоспламенения газовоздушных смесей.

Концентрационные пределы характеризуются коэффициентом (степенью) риска ($P_г$) применения газового топлива. Величина коэффициента риска может быть представлена зависимостью:

$$P_г = (K_{вкп} - K_{нкп}) / K_{нкп}, \qquad (4)$$

где $K_{вкп}$, $K_{нкп}$ – верхний и нижний концентрационные пределы воспламенения газовоздушной смеси, %.

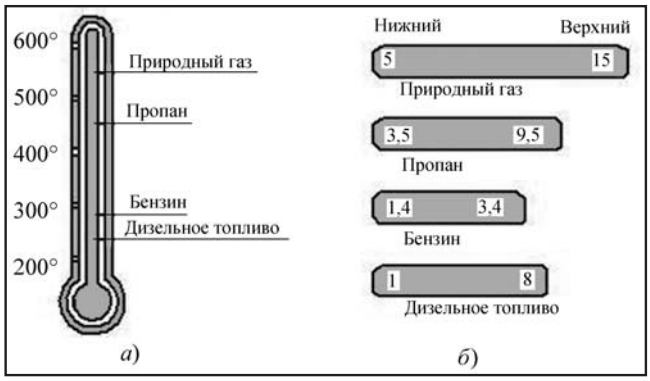


Рис. 6. *Параметры технологической безопасности газовых двигателей:*

а – температура самовоспламенения, °С; *б* – концентрационные пределы воспламенения газовой смеси в окружающей среде

Концентрационный предел горючей смеси характеризует численное значение индекса величины коэффициента риска. Чем выше его значение, тем выше степень риска.

В диапазоне, ограниченном верхним и нижним пределами, газовоздушная смесь сгорает эффективно. Численное значение индекса характеризует кратность количества воздуха, необходимого для обеспечения безопасной эксплуатации НТС.

СПГ хранят в вакуумном резервуаре при температуре – 130 °С под давлением 0,65 МПа. Теплоизоляцию обеспечивают вакуумом между двумя оболочками из нержавеющей стали.

При хранении сжиженного природного газа (СПГ) наблюдается естественный приток теплоты во внутренний сосуд, вследствие чего давление в нем повышается. С уменьшением количества СПГ в баллоне продолжительность бездренажного хранения (до начала выпуска газа) сокращается. Минимальный объем парового пространства составляет 10 % емкости резервуара. Для уменьшения притока теплоты внутренний сосуд закрепляют на цапфах или растяжках из стеклопластика. При транспортировании СПГ его объем из-за толчков, торможения и прочих механических воздействий на емкость начинает колебаться и на его поверхности образуются волны. Наличие теплопритока из окружающей среды и вынужденных колебаний жидкости приводит к ее интенсивному испарению. Для исключения, указанного явления в емкости применяют: вертикальную перегородку, сглаживающую колебания нижней несущей части рамы или подрамника.

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

Для компенсации охлаждающего эффекта расширяющегося газа регулятор должен получать тепловую энергию от охлаждающей жидкости двигателя. Пространство между сосудом и кожухом заполнено слоистым изоляционным материалом и вакуумировано.

При порошковой теплоизоляции и теплоизоляции из вспененных материалов допускается применение в баллонах низкого вакуума, а при экранной изоляции – высокого. В качестве порошковой изоляции применяют смесь, состоящую из 50 % аэрогеля и 50 % перлита.

При использовании экранно-вакуумной изоляции на автомобильных баллонах потери на испарение составляют около 3 % в сутки. При порошковой изоляции тепловые потери возрастают до 4 % и более. Баллоны с теплоизоляцией из вспененных материалов, обеспечивающие потери на испарение 5–6 % и более, используют в качестве автомобильных баллонов с суточным расходом запаса топлива для городских автобусов.

Срок службы криогенного баллона составляет не менее 15 лет. Теплота в изоляционных материалах переносится газом, заполняющим пустоты между частицами материала. Перенос тепла в вакуумно-порошковой изоляции осуществляется теплопроводностью газа, порошка и излучением.

Первым признаком утечки СПГ является обмерзание места утечки и конденсация влаги в воздухе, создающая видимый туман.

Наличие в ПГ влаги и углекислоты может привести к замерзанию редуктора и нарушению нормальной работы газового двигателя. Для обеспечения безопасности клапан сброса давления снабжен разрывной мембраной. Скорость сгорания газа, связанная с высоким ОЧ, требует увеличения угла опережения зажигания, что приводит к перегреву деталей двигателя. В эксплуатации наблюдаются случаи прогорания днища поршней и клапанов при слишком раннем зажигании и работе на бедных смесях.

Нарушение герметичности элементов системы питания вызывает снижение мощности двигателя,

увеличение расхода топлива и выброса вредных веществ с отработавшими газами, увеличение минимально устойчивой скорости движения, повышение загазованности производственных помещений в процессе выполнения ТО и ТР, полное или частичное прекращение подачи топлива и, как следствие, – затрудненный пуск двигателя, неустойчивая его работа на холостом ходу и переходных режимах, ухудшение динамических качеств или остановка двигателя.

Газовое топливо дает меньше отложений как в самом двигателе, так и в системе питания. Моторное масло в меньшей степени загрязняется механическими примесями и не разбавляется бензином.

При работе ДВС на КПГ не происходит смывание масляной пленки со стенок цилиндров. На головке блока цилиндров не образуется отложений углерода. Поршневые кольца, из-за которых происходит изнашивание элементов ДВС не закоксовываются. Моторесурс двигателя, работающего на КПГ в более благоприятных условиях, на 30–40 % выше по сравнению с бензином. Параметры системы зажигания отличаются стабильностью работы. Применение КПГ в целом характеризуется достаточной безопасностью эксплуатации ГБА и экономической его эффективностью. Это позволяет увеличить в 2–2,5 раза регламентируемые интервалы смены масла и масляных фильтров. Наличие меньшего количества отложений способствует уменьшению износа трущихся деталей двигателя.

Надежность газовой аппаратуры лимитирует 15–20 функциональных ее элементов. Отказы редуктора и его неисправности чаще всего заключаются в нарушении герметичности, т.е. в пропуске газа через клапаны при неработающем двигателе, в полном отсутствии или недостаточной подаче газа, а также чрезмерно высоком разрежении в выходной полости газового редуктора.

Надежность газового редуктора оказывает заметное влияние на работу систем впрыскивания газа. Отказы редуктора низкого давления связаны с нарушением внутренней (первая ступень) и внешней (вторая ступень) герметичности. Степень опасности упомянутых отказов различна. Нарушение герметичности клапана первой ступени редуктора связано с повышением давления в ней после остановки двигателя. Его определяют по манометру низкого давления, находящемуся в кабине водителя.

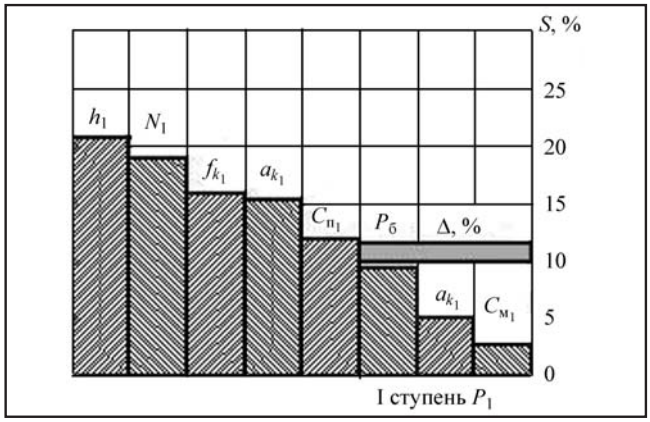


Рис. 7. *Влияние структурных параметров на величину давления в первой ступени газового редуктора*

Наиболее типичными отказами газового редуктора является нарушение величины давления в первой и второй ступенях редуктора. Влияние структурных параметров на P_1 в первой ступени газового редуктора приведено на рис. 7.

Величина давления газа в первой ступени может быть выражена зависимостью:

$$P_1 = f(P_б, f_{к1}, a_{k1}, N_1, a_{м1}, c_{пр1}, h_{k1}, c_{м1}), \quad (5)$$

где $P_б$ – давление в баллоне; $f_{к1}$ – рабочая поверхность клапана, м^2; a_{k1} – коэффициент активности клапана, зависящий от его формы; N_1 – сила давления пружины, препятствующая закрытию клапана, Нм; $a_{м1}$ – коэффициент активности мембраны; $c_{пр1}$ – жесткость пружины , Н/м; h_{k1} – ход клапана, м; $c_{м1}$ – жесткость мембраны, Н/м.

При этом значения параметров $f_{к1}$, N_1, h_{k1} и $c_{м1}$ существенно влияют на величину давления газа в первой ступени газового редуктора.

Анализ изменения относительной величины коэффициента влияния (S, %) в зависимости от различных факторов на величину давления в первой ступени показывает, что параметры $c_{пр1}$, a_{k1}, $a_{м1}$ и $c_{м1}$ оказывают незначительное влияние на величину давления газа в первой ступени. Точность (Δ, %) определения коэффициентов влияния составляет 12 %. Величина давления газа во второй ступени может быть выражена зависимостью:

$$P_2 = f(P_1, f_{к2}, a_{k2}, N_2, a_{м2}, c_{пр2}, h_{k2}, c_{м2}), \quad (6)$$

где P_1 – давление в первой ступени; $f_{к2}$ – рабочая поверхность клапана, м^2; a_{k2} – коэффициент ак-

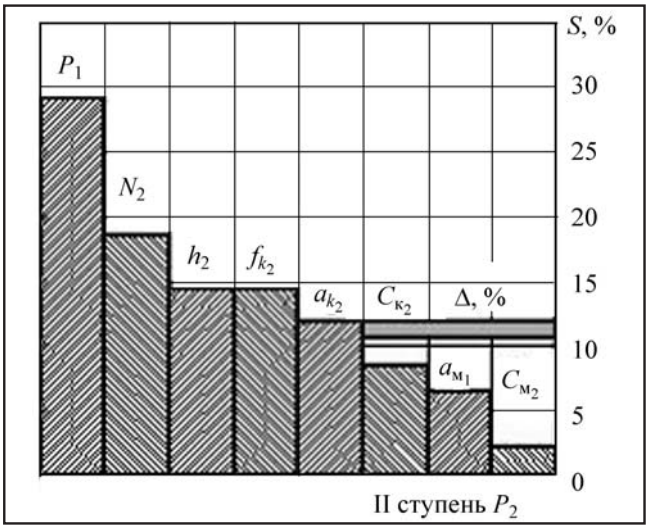


Рис. 8. *Влияние структурных параметров на величину давления во второй ступени газового редуктора*

тивности клапана, зависящий от его формы; N_2 – сила давления пружины, препятствующая закрытию клапана, Нм; $a_{м2}$ – коэффициент активности мембраны; $c_{пр2}$ – жесткость пружины, Н/м; h_{k2} – ход клапана, м; $c_{м2}$ – жесткость мембраны, Н/м.

Влияние структурных параметров P_1 во второй ступени газового редуктора приведено на рис. 8.

Параметры P_1, $f_{к2}$, N_2 и h_{k2} заметно влияют на величину давления газа в первой ступени газового редуктора. Анализ изменения относительной величины коэффициента влияния (S, %) в зависимости от различных факторов на величину давления во второй ступени показывает, что параметры $c_{пр2}$, a_{k2}, $a_{м2}$ и $c_{м2}$ оказывают незначительное влияние на величину давления газа в первой ступени. Точность (Δ, %) определения коэффициентов влияния составляет 12 %.

Вероятность детонации в этом случае повышается, а вместе с ней растет вероятность разрушения поршней двигателя.

Неисправность ГБА связана с попаданием на рабочую поверхность клапана или его седла механических примесей. Наиболее опасными являются разрывы трубопроводов высокого давления, прорыв газа через диафрагму или клапан второй ступени редуктора низкого давления и негерметичность баллонных вентилей.

В эксплуатации (по международной классификации) находятся четыре типа баллонов: КПГ – *1* (металлический баллон); КПГ – *2* (металлический баллон с корпусом, усиленный просмоленной жгутовой нитью (намотка в виде обручей); КПГ – *3* (металлический баллон с корпусом, усиленным просмоленной жгутовой нитью (сплошная намотка); КПГ– *4* (баллон с просмоленной жгутовой нитью и неметаллическим корпусом (полностью из композиционного материала).

Высокое давление хранения предъявляет к баллонам повышенные требования прочности, равной 2,4. Для снижения массы баллона и повышения прочности стенок применяют легированные металлы или алюминий, армированный стеклопакетом. Современные ГБА оснащают металлокомпозитными баллонами. Армированные пластмассовые сосуды в 3–4 раза легче стальных. Газовые баллоны имеют многократный запас прочности и устанавливаются в наименее уязвимых местах в автомобиле [4].

Масса 50-литрового стального баллона под давлением 20 МПа в зависимости от марки стали находится в пределах 50–93 кг. Металлопластиковые баллоны легче в 1,5–2 раза, а углепластиковые баллоны значительно легче – в 2–4 раза. Более высокая трудоемкость и стоимость их изготовления сдерживают широкое их распространение.

При работе двигателя на газе создаются условия образования на соприкасающихся поверхностях (клапан и седло) оплавленных микроучастков и окисления продуктов износа. По данным ПАО "КАМАЗ" наблюдается повышенный износ поверхностей с нарушением теплообмена, выраженный проседанием клапана (рис. 9, *а* и *б*).

Наиболее слабыми элементами являются сопряжения клапанов газораспределительного механизма. При отсутствии сигнала датчика фазы система управления переходит в режим нефазирован-

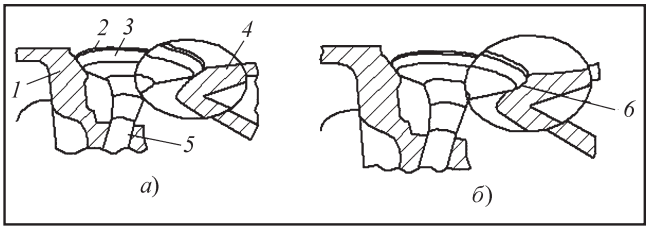


Рис. 9. *Положение клапанов газораспределительного механизма газового двигателя:*
1 – гнездо; *2* – фаска клапана; *3* – тарелка клапана; *4* – гнездо; *5* – стержень; *6* – деформированная поверхность; *а* – нормальное положение клапана; *б* – положение клапана после проседания

ного впрыска топлива и попарного искрообразования. При этом ухудшаются мощностные показателя двигателя, увеличивается расход топлива и выброс вредных веществ (ВВ).

В эксплуатационных условиях происходило прогорание клапанов. Бензин в отличие от газа впрыскивается во впускной коллектор в распыленном жидком состоянии и охлаждает впускные клапаны. Газ подается в испаренном состоянии, т.е. при более высокой температуре. Сгорание при более высокой температуре вызывает дополнительный перегрев клапанов и седел.

Значительная доля теплоты отводится от клапанов при контактировании тарелок с седлами. Углеводородный состав бензина содержит маслянистые углеводородные примеси. При работе на бензине поверхности соприкосновения клапана с седлом покрываются тонкой пленкой, которая снижает его износ.

При работе двигателя на газе создаются условия образования на соприкасающихся поверхностях (клапан и седло) оплавленных микроучастков и окисления продуктов износа. В результате наблюдается дополнительный износ поверхностей с нарушением теплообмена, выраженный проседанием клапана.

Примеси концентрируются на резинотехнических изделиях газовой аппаратуры, адсорбируют на себя одоранты, значительно повышая их местную концентрацию, что отрицательно сказывается на надежности работы газовой аппаратуры. Примеси, накапливаясь в редукторе, нарушают его работу. Для компенсации влияния газа на износ клапанов двигателя можно установить газовую систему, если совместить ее с устройствами, дозирующими специальные топливные добавки для улучшения теплообмена клапана с седлом.

Емкость с жидкостью устанавливают под капот автомобиля, и жидкость подается специальным дозирующим устройством во впускной коллектор после дроссельной заслонки.

Для обеспечения безопасности клапан сброса давления снабжен разрывной мембраной.

Газовый двигатель в полном жизненном цикле имеет ряд особенностей. Скорость сгорания газа, связанная с высоким ОЧ, требует увеличения угла опережения зажигания, что приводит к перегреву деталей двигателя. В эксплуатации наблюдаются случаи прогорания днища поршней и клапанов при слишком раннем зажигании и работе на бедных смесях.

При отсутствии сигнала датчика фазы системы управления переходит в режим нефазированного впрыска топлива и попарного искрообразования. При этом ухудшаются мощностные показатели двигателя, увеличиваются расход топлива и выброс ВВ. Углеводородный состав бензина содержит маслянистые углеводородные примеси. Для улучшения качества в него вводили присадки – антиоксиданты, ингибиторы коррозии, моющие вещества, добавки для повышения октанового числа, а также красители. При работе на бензине поверхности соприкосновения клапана с седлом покрываются тонкой пленкой, которая снижает его износ.

При работе двигателя на газе создаются условия образования на соприкасающихся поверхностях (клапан и седло) оплавленных микроучастков и окисления продуктов износа. В работе исследовано влияние газа на износ клапанов двигателя.

Материалы клапанов и седел, их размеры и устройство головки блока цилиндров являются основными факторами, влияющими на износ клапанов при работе на газе.

Для компенсации влияния качества газа на износ клапанов двигателя (с высокой чувствительностью к износу клапанов) устанавливают газовую систему, совмещенную с устройствами дозирования специальной топливной добавки (Flash lube) для улучшения теплообмена клапана с седлом. Комплект Flashlube содержит емкость с жидкостью и дозирующее устройство.

Емкость устанавливают под капот автомобиля, и жидкость подается специальным дозирующим устройством (лубрикатором) во впускной трубопровод после дроссельной заслонки. На двигателе установили приспособление для ввода жидкости во впускной коллектор вблизи второго и третьего цилиндров. Контроль проседания клапанов осуществлялся через каждые 10 тыс. км пробега автомобиля.

Для улучшения качества в бензин вводили присадки – антиоксиданты, ингибиторы коррозии, моющие вещества, добавки для повышения октанового числа, а также красители. При работе на бензине поверхности соприкосновения клапана с седлом покрываются тонкой пленкой, которая снижает его износ. Газ подают в испаренном состоянии, т.е. при более высокой температуре. Сгорание при более высокой температуре вызывает дополнительный нагрев клапанов и седел. Схема размещения датчиков температуры на поверхности камеры сгорания приведена на рис. 10.

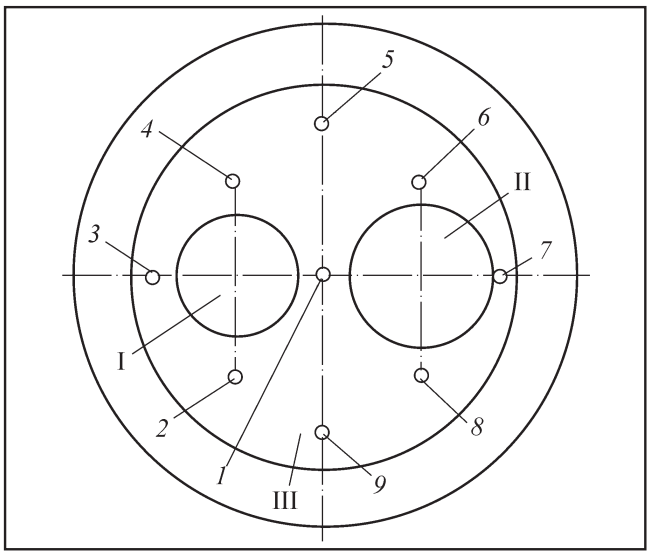


Рис. 10. *Схема размещения датчиков температуры на поверхности камеры сгорания газового двигателя:*
1–9 – номера датчиков температуры; I – выпускной клапан; II – впускной клапан; III – поверхность камеры сгорания

Термометрирование головки цилиндров и форсунки проводилось с помощью хромель-копелевых термопар, которые препарировались на поверхности головки первого цилиндра. Перед проведением испытаний головка с термопарами тарировалась. Температура определялась с помощью автоматического потенциометра ЭПП-093. Измерение осуществлялось в наиболее характерных точках, находящихся в области клапанной перемычки. При работе на бензине поверхности соприкосновения клапана с седлом покрываются тонкой пленкой, снижающей его износ.

Изменение температуры в характерных участках объема цилиндров в зависимости от угла поворота КВ двигателя приведено на рис. 11.

По внешней скоростной характеристике видно, что при работе по газодизельному циклу (рис. 11) на высокой частоте вращения КВ температура поверхности ниже, чем при работе на дизельном варианте. Особенно это заметно для точки *8*, находящейся в области клапанной перемычки, где разница составляет свыше 10 °С. При работе на газе можно отметить, что перепад температур в различных местах поверхности головки цилиндра ниже, чем в дизельном режиме.

Задержка воспламенения существенно влияет на экологические и топливно-энергетические показатели современного ДВС. Содержание вредных веществ в ОГ в полном жизненном цикле приведено в табл. 3.

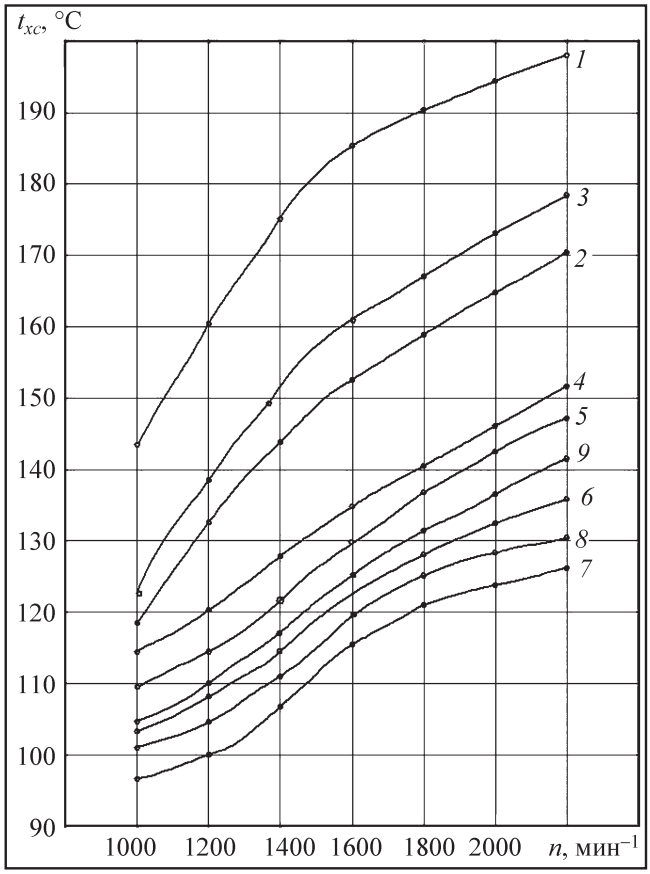


Рис. 11. *Скоростная характеристика газового двигателя с результатами термометрирования поверхности камеры сгорания:*
1–12 – номера температурных датчиков

Таблица 3

Содержание вредных веществ в ОГ в жизненном цикле

Наименование загрязняющих ВВ	Контролируемые параметры	Технический регламент п. 3 прил. 3, не более
Оксид углерода (CO), мг/м^3	2,70	5,0
Диоксид азота (NO_2), мг/м^3	0,23	0,20
Оксид азота (NO), мг/м^3	0,12	0,40
Метан (CH_4), мг/м^3	0	50

В составе технических газов в отличие от автомобильных содержится большое количество примесей (например, серы), не нормировано содержание непредельных углеводородов, а также маслянистых включений, называемых конденсатом. Эти примеси концентрируются на резинотехнических изделиях газовой аппаратуры, адсорбируют на себя одоранты, значительно повышая их местную концентрацию, что отрицательно сказывается на надежности работы газовой аппаратуры. Для компенсации влияния газа на износ клапанов двигателя (с высокой чувствительностью к износу клапанов) можно установить газовую систему, если совместить ее с устройствами, дозирующими специальные топливные добавки для улучшения теплообмена клапана с седлом.

Присадка Flash lube улучшает теплообмен между клапаном и седлом головки блока цидиндров. Присадка предохраняет клапаны от прогорания и увеличивает срок службы клапанов. При наработке свыше 100 тыс. км ГБА начинают изнашиваться седла клапанов.

Присадка обеспечивает благоприятные условия эксплуатации.

Примером такой добавки является жидкость под названием Flash lube [11]. Комплект Flash lube содержит емкость с жидкостью и дозирующее устройство. Схема подачи специальной жидкости во впускной трубопровод эжекторного двигателя комплектом Flash lube приведена на рис. 12.

Емкость с жидкостью устанавливают под капотом автомобиля, и жидкость подается специальным дозирующим устройством во впускной трубопровод после дроссельной заслонки.

Эффективность использования лубрикатора Flash lube была проверена экспериментальными исследованиями.

При хранении СПГ наблюдается естественный приток теплоты во внутренний сосуд, вследствие чего давление в нем повышается. С уменьшением количества СПГ в баллоне продолжительность бездренажного хранения (до начала выпуска газа) сокращается. Средняя масса газа, выпускаемого через предохранительный клапан криогенного баллона объемом 150 л, составляет 80 г/ч.

Схема инжекторной системы подачи специальной жидкости во впускной трубопровод с электронным управлением приведена на рис. 13.

Регулировочные параметры (поз. 13, рис. 14) инжекторной системы подачи специальной жидкости во впускной трубопровод с электронным управлением приведены в табл. 4.

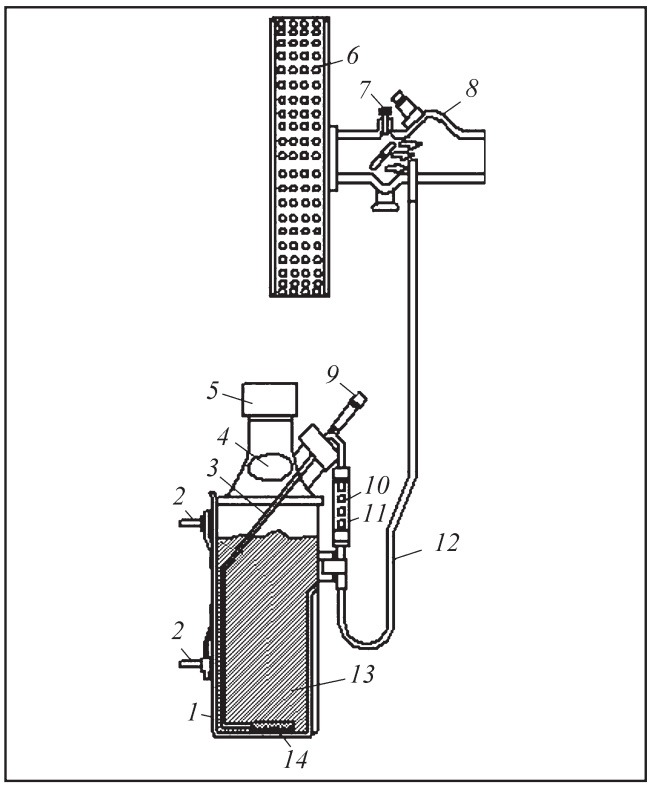


Рис. 12. *Схема инжекторной системы подачи специальной жидкости во впускной трубопровод:*
1 – кронштейн для крепления; *2* – фиксирующие саморезы; *3* – заправочный трубопровод; *4* – паспорт; *5* – крышка дозатора; *6* – фильтр; *7* – регулировочный винт; *8* – впускной трубопровод; *9* – регулировочный винт; *10* – дозатор газа; *11* – прозрачное стекло; *12* – соединительный шланг; *13* – жидкость; *14* – фильтр тонкой очистки

Углеводородный состав бензина содержит маслянистые углеводородные примеси. Для улучшения качества в него вводили присадки – антиоксиданты, ингибиторы коррозии, моющие вещества, добавки для повышения октанового числа, а также красители. При работе на бензине поверхности соприкосновения клапана с седлом покрываются тонкой пленкой, которая снижает его износ.

Схема системы питания двигателя воздухом и газом приведена на рис. 14.

Очистка воздуха в фильтре двухступенчатая. Первая ступень очистки – моноциклон, содержащий завихритель, установленный за входным патрубком. Вторая ступень очистки – фильтрующий элемент, который имеет наружный и внутренний

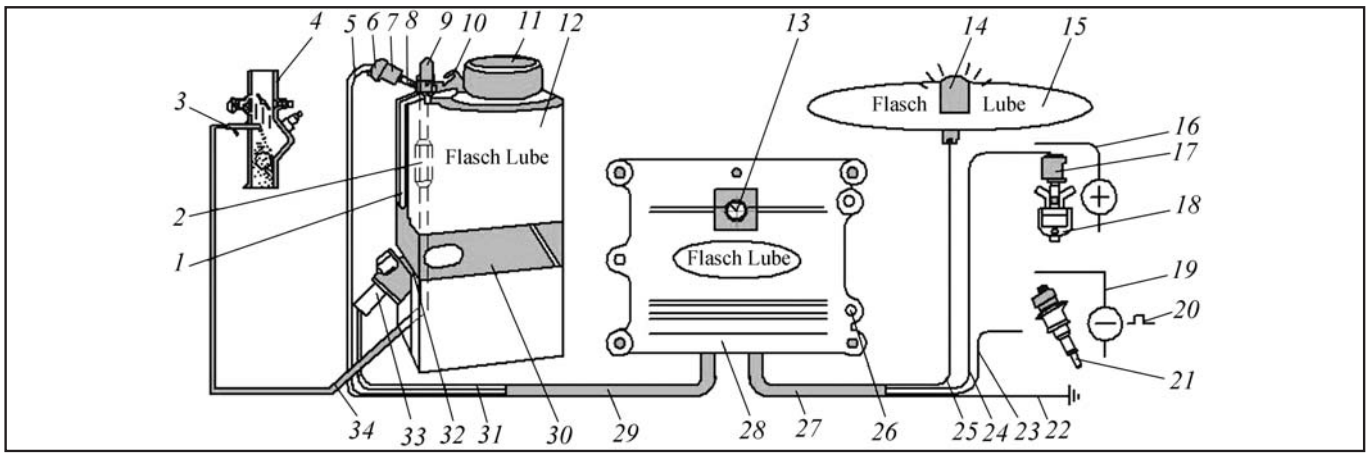


Рис. 13. *Схема инжекторной системы подачи специальной жидкости во впускной трубопровод с электронным управлением:*
1 – ниша электрического насоса; *2* – электрический насос; *3* – форсунка подачи жидкости; *4* – впускной патрубок; *5* – электрическая цепь; *6* – электрическая вилка; *7* – электрический разъем; *8* – электрическая цепь; *9* – шланг подачи жидкости из насоса; *10* – контакты насоса; *11* – крышка емкости; *12* – емкость; *13* – регулятор; *14* – сигнальная лампа; *15* – кнопка;*16* – электрическая цепь; *17* – электрический клапан; *18* – газовый фильтр; *19* – электрическая цепь; *20* – управляющий сигнал; *21* – форсунка *22* – электрическая цепь (масса); *23* – электрическая цепь (серый); *24* – электрическая цепь (красный); *25* – электрическая цепь (зеленый); *26* – крепление ЭБУ; *27* – электрическая цепь; *28* – электронный блок; *29* – кабель; *30* – крепление; *31* – кабель; *32* – розетка; *33* – разъем; *34* – шланг подачи жидкости

Таблица 4

Регулировочные параметры системы Flash lube

Позиция	Мощность ДВС	
	л.с.	кВт
1	50	38
2	100	77
3	150	115
4	200	154
5	250	192
6	300	231
7	350	269
8	400	303
9	450	346

кожухи. Очищенный воздух через тройник поступает к двум центробежным компрессорам и под избыточным давлением через охладитель поступает в цилиндр двигателя.

Эксплуатационные результаты, представленные на рис. 15, демонстрируют преимущества использования Flash lube. Скорость сгорания газа, связанная с высоким ОЧ, требует увеличения угла опережения зажигания, что приводит к перегреву деталей двигателя. В эксплуатации наблюдаются случаи прогорания днища поршней и клапанов при слишком раннем зажигании и работе на бедных смесях.

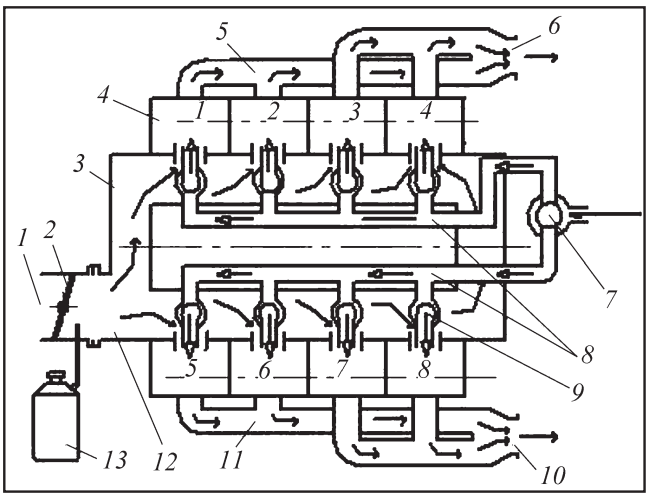


Рис. 14. *Схема системы питания газового двигателя с лубрикатором:*
1 – узел дроссельной заслонки; *2* – впускной трубопровод; *3* – блок двигателя; *4* – цилиндры двигателя; *5, 6* – правый блок выпускного трубопровода; *7* – фильтр очистки газа; *8* – газовый трубопровод; *9* – дозатор газа; *10, 11* – левый блок выпускных трубопроводов; *12* – впускной трубопровод; *13* – лубрикатор

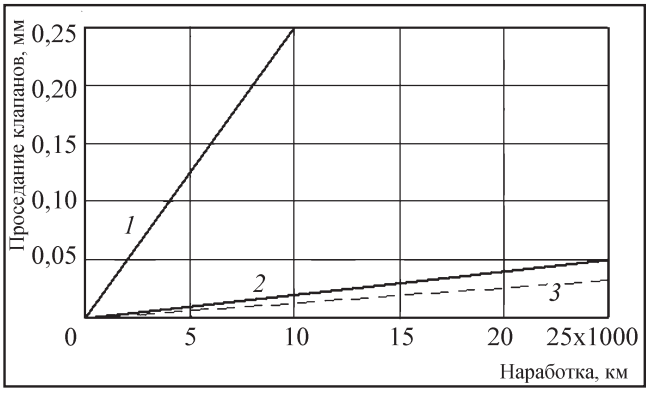


Рис. 15. *Результаты эксплуатационных испытаний износа впускных и выпускных клапанов при работе на газе:*
1 – выпускной клапан без жидкости; *2* – выпускной клапан с жидкостью; *3* – впускной клапан без жидкости

При работе двигателя на газе создаются условия образования на соприкасающихся поверхностях (клапан и седло) оплавленных микроучастков и окисления продуктов износа. По данным ПАО "КАМАЗ", наблюдается повышенный износ поверхностей с нарушением теплообмена, выраженный проседанием клапана.

Система встроенной диагностики двигателя автоматически обеспечивает необходимый уровень токсичности в полном жизненном цикле автомобиля.

Изменение параметров каталитического нейтрализатора в полном жизненном цикле автомобиля приведено на рис. 16.

Смесеобразование газового двигателя регулируется ЭБУ по сигналам λ-зонда. В зависимости от качества газа ЭБУ проводит адаптацию смесеобразования и дозирования газа. На основании полученного сигнала ЭБУ рассчитывает требуемые пропорции (воздух–газ). Для управления процессом смесеобразования ЭБУ ДВС измеряет время открытия клапанов подачи газа.

Наиболее слабыми элементами являются сопряжения клапанов газораспределительного механизма. В эксплуатационных условиях происходило прогорание клапанов. Бензин в отличие от газа впрыскивается во впускной трубопровод в распыленном жидком состоянии и охлаждает впускные клапаны. Газ подается в испаренном состоянии, т.е. при более высокой температуре. Сгорание при более высокой температуре вызывает дополнительный перегрев клапанов и седел.

Большая доля теплоты отводится от клапанов при контактировании тарелок с седлами. Углеводородный состав бензина содержит маслянистые углеводородные примеси. При работе на бензине поверхности соприкосновения клапана с седлом покрываются тонкой пленкой, которая снижает его износ.

Примеси концентрируются на резинотехнических изделиях газовой аппаратуры, адсорбируют на себя одоранты, значительно повышая их местную концентрацию, что отрицательно сказывается на надежности работы газовой аппаратуры. Примеси, накапливаясь в редукторе, нарушают его работу. Для компенсации влияния газа на износ кла-

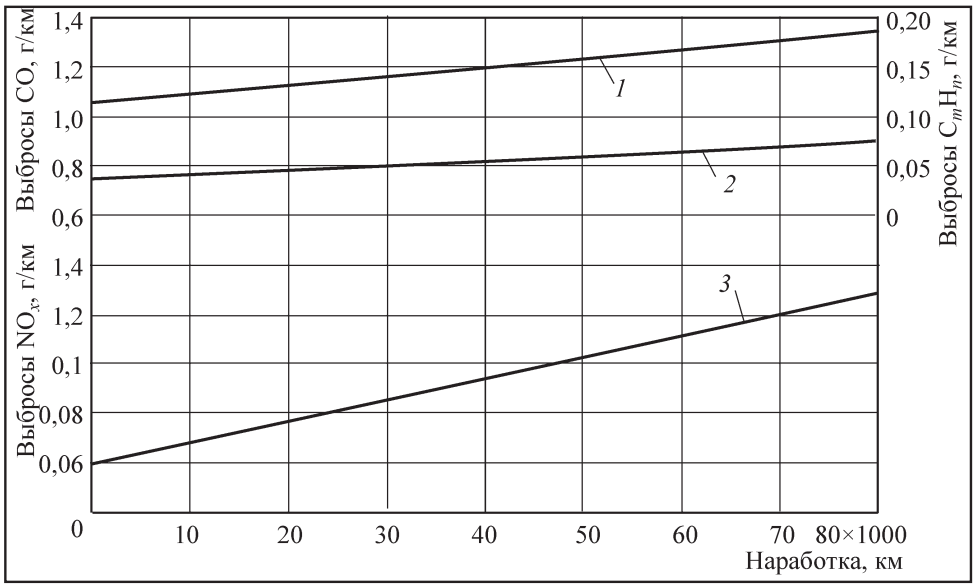


Рис. 16. *Изменение экологических параметров каталитического нейтрализатора в полном жизненном цикле автомобиля:*
1 – CO; 2 – C_mH_n; *3* – NO_x

Таблица 5

Параметры безопасности применения КПГ

Величина утечки газа	Характер опасности	Методы выявления утечек
0,50 см^3/мин	Незначительная; не опасная; экономические потери газа	Проверка на "пузыривание" мыльным раствором или спецжидкостью; электронный газосигнализатор; органолептические показатели (субъективная оценка)
20,0 см^3/мин	Отсутствует опасность возгорания; безгаражное хранение (стоянка); значительные потери газа; падение давления в баллоне	Проверка на "пузыривание" мыльным раствором или спецжидкостью; электронный газосигнализатор; органолептические показатели (субъективная оценка)
100,0 см^3/мин	Легко воспламеняемая; безопасная при безгаражном хранении (стоянке); экономические потери газа; падение давления в баллоне	Проверка на "пузыривание" мыльным раствором или спецжидкостью; электронный газосигнализатор; органолептические показатели (субъективная оценка)

панов двигателя (с высокой чувствительностью к износу клапанов) можно установить газовую систему, если совместить ее с устройствами, дозирующими специальные топливные добавки для улучшения теплообмена клапана с седлом.

Нарушение герметичности элементов системы питания сопровождается утечкой газа и создает угрозу безопасной эксплуатации автомобиля или прекращение транспортного процесса [12, 7].

Количественная оценка негерметичности, характер опасности, методы выявления утечек, рекомендации по хранению (стоянке) неисправных газобаллонных автомобилей приведены в табл. 5.

Углеводороды поступают (C_mH_n) в ОС в различном состоянии – от простейших молекул до сложных многоядерных соединений полициклического строения. В настоящее время различают более 200 видов C_mH_n, кислородсодержащих углеводородных соединений – альдегиды, в основном формальдегид ($H_2C = O$) и акролеин ($CH_2 = CH–CH = O$). Наличие в ОГ несгоревших СН – основная причина неприятного запаха.

Выброс вредных веществ сопровождается неприятным запахом, возрастающим в полном жизненном цикле автомобиля. Наибольшая концентрация ВВ наблюдается на стадии продолжительной эксплуатации, связанная с процессами испарениями топлива из бака и топливной системы, РЦ ОГ и выбросом картерных газов [13].

Для оценки воздействия органолептического свойства ОГ можно использовать индикатор неприятного запаха компонента:

$$I_{\text{н.з}} = \Sigma_{i\,n}(m_{i\,k} / \text{ПКЗ}_{i\,k}), \qquad (7)$$

где $I_{\text{н.з}}$ – индикатор неприятного запаха; $m_{i\,k}$ – выброс i-го компонента вещества в воздушную среду, мг; $\text{ПКЗ}_{i\,k}$ – предельная концентрация i-го вещества i в k среде, мг/м^3, при которой ощущается его запах. Индикатор i-й категории позволяет определить объем среды, в котором концентрация загрязнителя равна ПКЗ. В качестве $\text{ПКЗ}_{i\,k}$ для веществ, имеющих неприятный запах и вызывающих рефлекторную реакцию, можно использовать $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$.

Различают канцерогенную и раздражающую группы углеводородов. Соединения первой группы оказывают наркотическое воздействие на центральную нервную систему, а второй – раздражают слизистые оболочки.

Эффективность газового топлива. Проведенные исследования и многолетний опыт эксплуатации газобаллонных автомобилей (ГБА) на сжиженном углеводородном топливе (СУГ) показывают, что ГБА при работе на СУГ имеют более высокие технико-экономические и экологические показатели.

Оценка относительной эффективности использования АТВ на автотранспорте приведена в табл. 6.

Таблица 6

Эффективность использования АТВ на автотранспорте

Моторное топливо	Затраты энергии на производство топлива	Пробег на одной заправке	Стоимость единицы пробега
Нефтяной бензин	1,0	1,0	1,0
Синтетический бензин из синтез-газа	1,6	1,0	1,2
Метанол	1,6	0,5	1,5
Этанол	1,7	0,5	1,8
Сжиженный нефтяной газ (СУГ)	1,05	1,0	0,8
Компримированный природный газ (КПГ)	1,3–1,4	0,4–0,5	0,9–1,0
Сжиженный природный газ (СПГ)	1,1–1,25	0,7	0,85–1,1
Диметиловый эфир	1,2–2,0	–	–
Водород	3,0–4,0	–	–

* В затратах энергии учтены добыча, транспорт и переработка первичного энергоносителя в моторное топливо.

** Стоимость единицы пробега определена применительно к восьмиместному автомобилю конвертируемому на газовое топливо.

Наиболее эффективными видами топлива являются компримированный природный газ, сжиженный углеводородный и сжиженный природный газ.

Экономический эффект включает замещение нефтяного моторного топлива, сжижение эксплуатационных затрат на топливо и смазочные материалы, снижение выбросов вредных веществ от двигателей автотранспортных средств, уменьшение затрат на охрану окружающей среды в результате улучшения экологической обстановки, а также увеличение экологического фонда.

Энергетическая безопасность страны остается приоритетной проблемой национальной экономики. Применение ПГ в качестве моторного топлива обеспечивает решение энергетических проблем автомобильного транспорта как на ближайшую перспективу, так и на отдаленное будущее. Практическая реализация энергетических и экологических преимуществ газового топлива на автомобильном транспорте связана с созданием газобаллонных автомобилей нового поколения для работы на компримированном и сжиженном природном газе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Двухтопливная** система GenesisEdgeDual-Fuel на грузовых автомобилях Volvo FM460/FH460. Система GenesisEdgeDual-Fuel. С. 1–44.

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

3. **Ерохов В.И.** Экологическая эффективность газобаллонного автомобиля на компримированном природном газе. Журнал "Транспорт на альтернативном топливе", 2017. № 2. С. 21–32.

4. **Ерохов В.И., Колубаев Б.Д.** Газобаллонные автомобили. М.: Машиностроение, 1989. 216 с.

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

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

7. **Ерохов В.И., Карунин А.Л.** Газодизельные автомобили (конструкция, расчет, эксплуатация). М., Граф-Пресс, 2005. 558 с.

8. **Чикишев Е.М., Анисимов И.А.** Влияние низких температур воздуха на энергетические и экологические параметры газобаллонных автомобилей // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 6 (30). С. 32–33.

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

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

11. **Flash lube.** ValveSaverFluid. Электронный ресурс. 2010. 40 с.

12. **Электронный ресурс.** Volvo Diesel CGNTraining (Rus).

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

УДК 621.436

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОПЛИВОПОДАЧЕЙ ДЛЯ ГАЗОВЫХ И ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Фурман, д-р техн. наук; **С.В. Плахов,** ППП "Дизельавтоматика", г. Саратов; **В.А. Марков,** д-р техн. наук, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана; **Л.Е. Коссова,** асп. АО "ВНИИЖТ"

Рассмотрены особенности работы дизельных двигателей, адаптированных к работе на природном газе. Описаны разработанные системы электронного управления топливоподачей дизельных и газодизельных двигателей.

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

ELECTRONIC SYSTEMS OF FUEL SUPPLY CONTROL IN GAS AND DIESEL-GAS ENGINES

Furman V.V., Dr habil of technical sciences; **Plakhov S.V.,** PPP "Dieselautomatica", Saratov city;
Markov V.A., Dr habil of technical sciences, Bauman MGTU, Moscow; **Kossova L.E.,** asp. JSC "VNIIZHT"

Operational features of diesel engines fitted to use natural gas as a fuel have been considered. The developed electronic systems of fuel supply control in gas and diesel-gas engines are characterized.

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

На современном этапе развития энергетики и двигателестроения России в качестве одного из наиболее перспективных видов альтернативного моторного топлива рассматривается природный газ [1, 2, 3]. В 2010 г. доля природного газа в мировом балансе газовых альтернативных видов моторного топлива превысила 50 %. К 2035 г. мировое годовое потребление природного газа вырастет до 5,1 трлн м^3, а его доля в топливном балансе планеты увеличится до 25 %. Россия обладает огромными запасами природного газа: ее доля в мировых запасах природного газа составляет 18 %, а в общем объеме добываемого природного газа на ее долю приходится 15 % мировой добычи.

Природный газ как моторное топливо целесообразно использовать, в первую очередь, на автомобильном транспорте и в сельском хозяйстве. В Германии предполагается к 2020 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 20 % от общего автомобильного парка [1]. Используется этот вид топлива и на железнодорожном транспорте, в судовых дизелях, дизель-генераторных и мотокомпрессорных установках, других стационарных двигателях. Особенность использования природного газа заключается в том, что он находится в одном агрегатном состоянии с окислителем – воздухом. Это облегчает организацию процесса смесеобразования, позволяет получить гомогенную топливовоздушную смесь, обеспечить ее полное сгорание, высокие экономические и экологические показатели двигателя. Так, применение природного газа в качестве моторного топлива позволяет в 1,5–2 раза уменьшить износ основных деталей цилиндро-поршневой группы и снизить расход моторного масла. Это обусловлено отсутствием разжижения масла жидким нефтяным топливом, попадающим на стенки цилиндра. Следует отметить и значительное снижение выбросов с отработавшими газами продуктов неполного сгорания топлива вследствие высокой гомогенности смеси природного газа с воздухом. Немаловажным фактором, способствующим использованию природного газа в качестве моторного топлива, является его низкая стоимость по сравнению с жидкими нефтяными топливами (в 2–3 раза).

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 [1, 2].

Важнейшим параметром газодизельных двигателей является запальная доза дизельного топлива (ДТ) $G_{тдз}$. 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 % [4–8]. 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].

Учитывая современные тенденции по расширению перевода двигателей внутреннего сгорания на работу на природном газе ООО "ППП Дизельавтоматика" разработала систему электроуправляемой подачи газа дизелей, работающих по газодизельному циклу. В частности, была создана система электронного регулирования топливоподачи газодизеля для автотракторной техники. Структурная схема этой системы регулирования (СЭРГ500 – система электронного регулирования подачи газа) представлена на рис. 1.

Блок автоматического контроля системы (блок управления) – цифровой микропроцессорный комплекс со специальным программным обеспечением предназначен для выполнения следующих функций:

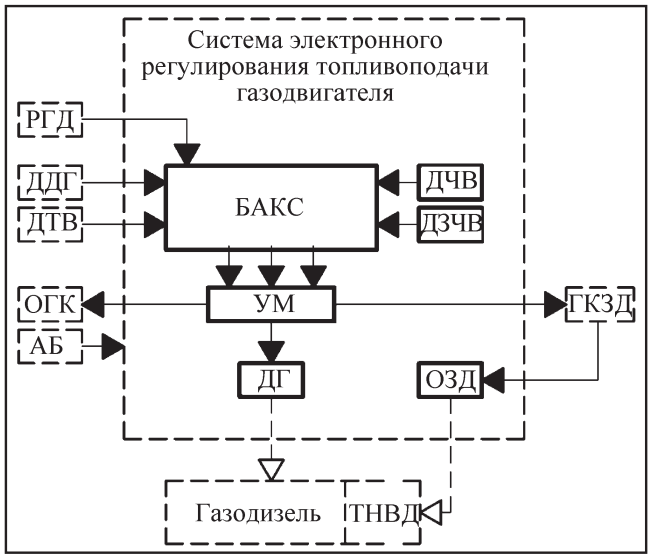


Рис. 1. *Структурная схема системы электронного управления топливоподачей газодизеля СЭРГ500:*
АБ – аккумуляторная батарея; БАКС – блок автоматического контроля системы; ГКЗД – электромагнитный газовый клапан включения запальной дозы дизельного топлива; ДГ – дозатор газовый; ДДГ – датчик давления газа; ДЗЧВ – датчик задания частоты вращения; ДТВ – датчик температуры охлаждающей жидкости; ДЧВ – датчик частоты вращения; ОЗД – ограничитель запальной дозы дизельного топлива; ОГК – электромагнитный отсечной газовый клапан; РГД – режим работы газодизеля (дизельный или газодизельный); ТНВД – топливный насос высокого давления; УМ – усилитель мощности

а) прием и обработка сигналов, поступающих от датчиков: текущей частоты вращения; задания частоты вращения; давления газа; температуры охлаждающей жидкости; режима работы дизеля (дизельный или газодизельный);

б) выдача соответствующих сигналов на: газовый дозатор в газодизельном режиме работы; электромагнитный газовый клапан включения запальной дозы дизельного топлива; электромагнитный отсечной газовый клапан; усилитель мощности;

в) регулирование частоты вращения по статическому или астатическому закону в газодизельном режиме работы на всех скоростных нагрузочных режимах;

г) переход из дизельного режима работы на газодизельный по внешней команде, а также при выполнении ряда условий: при нагрузке на газодизеле выше значений, для которых требуется запальная доза дизельного топлива; при частоте вращения выше заданной, при которой разрешен переход на га-

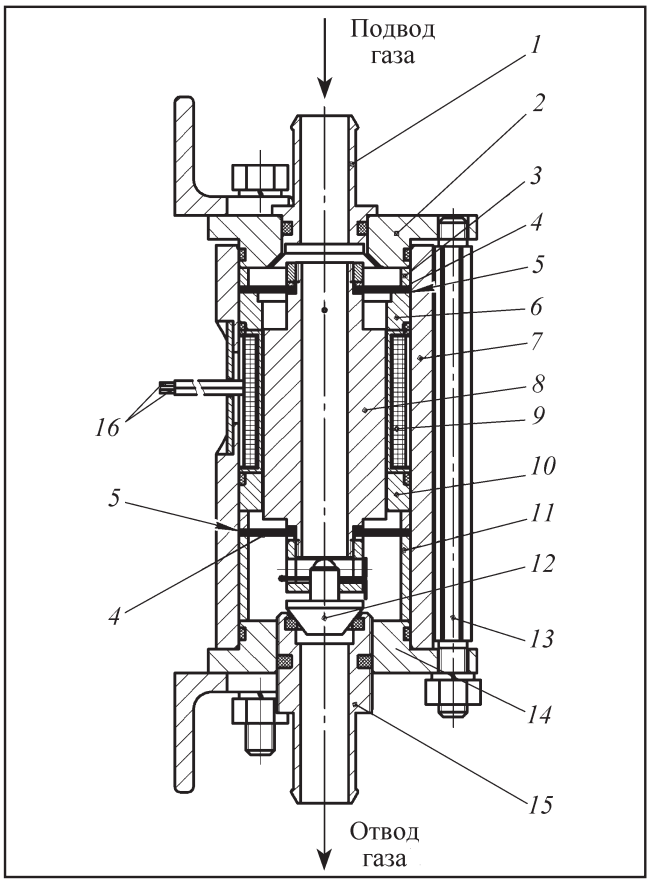


Рис. 2. *Газовый дозатор:*
1 и *15* – входной и отводящий штуцеры; *2* – фланец; *3* и *11* – распорное кольцо; *4* – мембрана; *5* – пластинчатая пружина; *6* и *10* – верхний и нижний полюсы; *7* – стакан; *8* – сердечник; *9* – катушка; *12* – затвор; *13* – стяжная шпилька; *14* – фланец

зодизельный режим работы; при давлении газа выше заданной величины; при температуре охлаждающей жидкости выше заданной величины;

д) автоматический переход на дизельный режим работы и блокировка перехода в газодизельный режим при: нагрузке на газодизеле ниже значений, для которых требуется запальная доза дизельного топлива; пониженной частоте вращения; пониженном давлении газа; температуре охлаждающей жидкости выше заданной величины; отключении (невключении) ограничителя запальной дозы дизельного топлива; отсутствии сигнала о заданной частоте вращения;

е) цифровое индицирование ряда параметров.

Усилитель мощности предназначен для усиления сигналов, поступающих на: газовый дозатор; электромагнитный газовый клапан включения запальной дозы дизельного топлива; электромагнитный отсечной газовый клапан.

Для осуществления электроуправляемой подачи газа разработана конструкция газового дозатора, изображенного на рис. 2.

Разработанный электронный регулятор частоты вращения дизеля с газовым дозатором имеет следующие звенья регулирования: звено задержки, характеризующее задержку расчета частоты вращения через интервал времени $T_з$; звено фильтрации; пропорционально-интегральное (ПИ) звено; звено электромагнита газового дозатора; звено коллектора. Структурная схема электронного регулятора частоты вращения дизеля с газовым дозатором представлена на рис. 3.

Следует отметить, что в дизеле, работающем на газе с системой регулирования топливоподачи типа СЭРГ500, на подачу газа дозатором к всасываю-

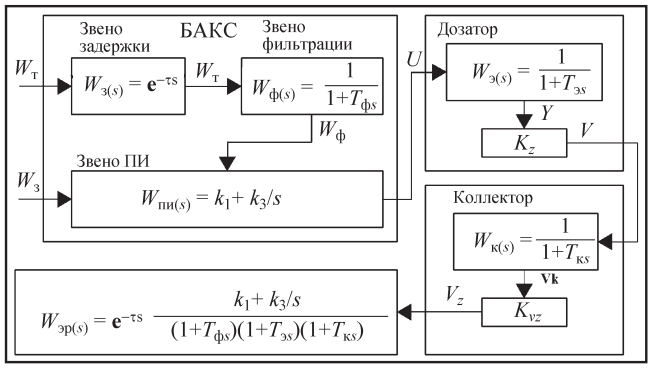


Рис. 3. *Структурная схема электронного регулятора частоты вращения дизеля с газовым дозатором:*
$W_{эр}(s)$ – передаточная функция электронного регулятора частоты вращения; $W_з(s)$ и $W_ф(s)$ – передаточные функции звена задержки и звена фильтрации; τ – время задержки; $W_{пи}(s)$ – передаточная функция пропорционально-интегрального звена; k_1 и k_3 – пропорциональный и интегральный коэффициенты пропорционально-интегрального звена; $W_э(s)$ – передаточная функция электромагнита газового дозатора; $W_к(s)$ – передаточная функция коллектора; $W_т$ и $W_з$ – текущая и заданная частоты вращения; $W_ф$ – текущая частота вращения после фильтрации; U – среднее напряжение, подаваемое на электромагнит газового дозатора; Y – перемещение затвора; V – объемный расход газа; V – объемный расход газа после коллектора; V_z – объемная цикловая подача газа; K_{vz} – коэффициент объемной цикловой подачи от расхода газа; $T_ф$ – постоянная времени фильтрации; $T_э$ и $T_к$ – постоянные времени электромагнита газового дозатора и коллектора; K_z – коэффициент расхода газа от перемещения затвора; K_{vz} – коэффициент объемной цикловой подачи от расхода газа

щим клапанам оказывают негативное влияние объем полости всасывания (коллектора) и угол перекрытия клапанов в процессе продувки и сжимаемости газа. В связи с этим газ попадает в цилиндры с запаздыванием, при этом отмечается недостаточно качественное смесеобразование, что ухудшает качество регулирования частоты вращения. Для улучшения показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизелей, работающих на газе, проведены работы по созданию электроуправляемой системы импульсной подачи газа. В системах с импульсной подачей посредством быстродействующего электромагнитного клапана газ подается к всасывающим клапанам дизеля в такте впуска и поэтому влияние объема всасывания и угла перекрытия клапанов в процессе продувки сведено к минимуму, что значительно уменьшает запаздывание подачи газа.

Электронный регулятор частоты вращения дизеля с импульсной подачей газа имеет следующие звенья регулирования: звено задержки, обусловленное подсчетом частоты вращения через интервал времени $T_з$; звено фильтрации; пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) звено. Структурная схема электронного регулятора частоты вращения дизеля с системой импульсной подачи газа представлена на рис. 4.

Сравнение структурных схем на рис. 3 и 4 показывает, что регулятор частоты вращения с системой импульсной подачи газа обладает большим быстродействием и большим запасом устойчивости по сравнению с регулятором с газовым дозатором. Это связано с тем, что электрогазовый клапан системы с импульсной подачей газа не имеет таких задержек, как газовый дозатор.

Для автотракторной техники, в частности для трактора К-700 с двигателем, работающим по газодизельному циклу, спроектирована система электронного управления с импульсной подачей газа СУДМ.01. В этой системе с помощью исполнительного устройства ЭРУС18 (электромеханического устройства поворотного типа) в комплекте с датчиком положения его выходного органа путем воздействия на дозирующую рейку топливного насоса высокого давления (ТНВД) реализуются следующие функции. В дизельном режиме – управление топливоподачей дизельного топлива; в газодизельном режиме – формирование запальной дозы дизельного топлива. Подача газа в цилиндры газодизеля осуществляется с помощью электрогазовых клапанов, работающих в импульсном режиме. При

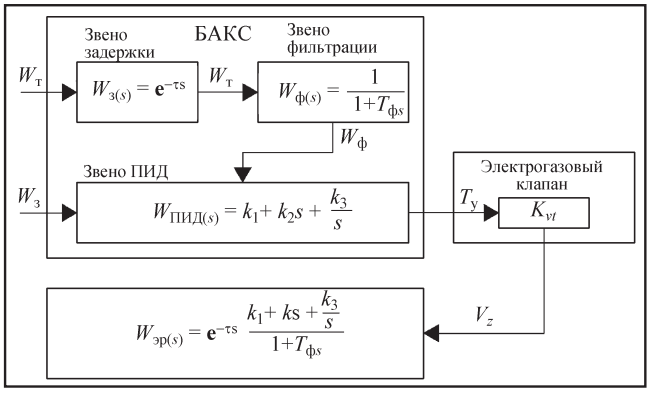


Рис. 4. *Структурная схема электронного регулятора частоты вращения дизеля с системой импульсной подачи газа:* $W_{эр}(s)$ – передаточная функция электронного регулятора частоты вращения; $W_з(s)$ и $W_ф(s)$ – передаточные функции звена задержки и звена фильтрации; $W_{пи}(s)$ – передаточная функция пропорционально-интегрально-дифференциального звена; τ – время задержки; $W_т$ и $W_з$ – текущая и заданная частота вращения; $W_ф$ – текущая частота вращения после фильтрации; $T_у$ – длительность управляющего сигнала, подаваемого на электрогазовый клапан; V_z – объемная цикловая подача газа; K_{vz} – коэффициент зависимости объемной цикловой подачи от длительности управляющего сигнала

этом системой электронного управления подачей газа формируется угол опережения подачи газа относительно положения поршня в НМТ (нижней мертвой точке) в зависимости от частоты вращения и нагрузки на газодизеле. Структурная схема системы СУДМ.01 представлена на рис. 5.

В этой системе использован блок управления, представляющий собой цифровой микропроцессорный комплекс со специальным программным обеспечением. Он предназначен для выполнения следующих функций. В первую очередь, это прием и обработка сигналов, поступающих от задатчика частоты вращения, датчиков частоты вращения, фазовой отметки, положения исполнительного устройства, давления газа, температуры охлаждающей жидкости, а также от датчика (реле) режима работы газодизеля (дизельный или газодизельный цикл). На основании информации от указанных датчиков блок управления выдает управляющие сигналы на электрогазовые клапаны (в газодизельном режиме работы), исполнительное устройство, электромагнитный отсечной газовый клапан, усилитель мощности. Предусмотрено регулирование частоты вращения по статическому или астатическому закону в дизельном и в газодизельном режиме работы на всех скоростных

 ISSN 2073-8323

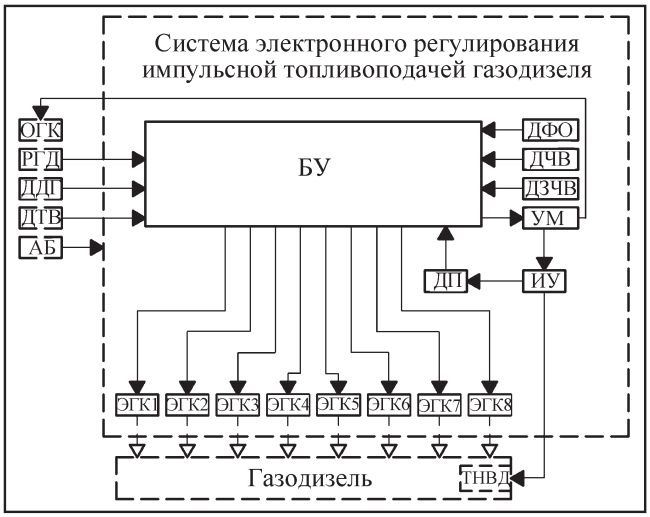


Рис. 5. *Структурная схема системы электронного управления импульсной топливоподачей газа СУДМ.01:*
АБ – аккумуляторная батарея; БУ – блок управления; ДДГ – датчик давления газа; ДЗЧВ – датчик задания частоты вращения; ИУ – исполнительное устройство; ДП – датчик положения выходного органа ИУ; ДТВ – датчик температуры охлаждающей жидкости; ДФО – датчик фазовой отметки; ДЧВ – датчик частоты вращения; ОГК – электромагнитный отсечной газовый клапан; РГД – реле режима работы газодизеля (дизельный или газодизельный); ТНВД – топливный насос высокого давления; УМ – усилитель мощности; ЭГК1...ЭГК8 – электрогазовые клапаны

нагрузочных режимах. Переход от дизельного цикла на газодизельный цикл реализуется по внешней команде и при выполнении ряда условий. Этот переход осуществляется при нагрузке на газодизель выше значений, для которых требуется запальная доза дизельного топлива; при частоте вращения выше заданной (при которой разрешен переход на газодизельный режим работы); при давлении газа и температуре охлаждающей жидкости выше заданных величин. Автоматический переход на дизельный режим работы и блокировка перехода в газодизельный режим происходят при: нагрузке на газодизеле ниже значений, для которых требуется запальная доза дизельного топлива; пониженной частоте вращения; пониженных давлении газа и температуре охлаждающей жидкости; отключении (невключении) ограничителя запальной дозы дизельного топлива; отсутствии сигнала о заданной частоте вращения.

Усилитель мощности рассматриваемой системы управления предназначен для усиления сигналов, поступающих на исполнительное устройство и на электромагнитный отсечной газовый клапан. Исполнительное устройство электромеханического типа предназначено для воздействия на дозирующую рейку ТНВД в целях формирования подачи дизельного топлива при работе в дизельном режиме и формирования запальной дозы дизельного топлива в газодизельном режиме. Конструкция исполнительного устройства в комплекте с датчиком положения его выходного органа представлена на рис. 6.

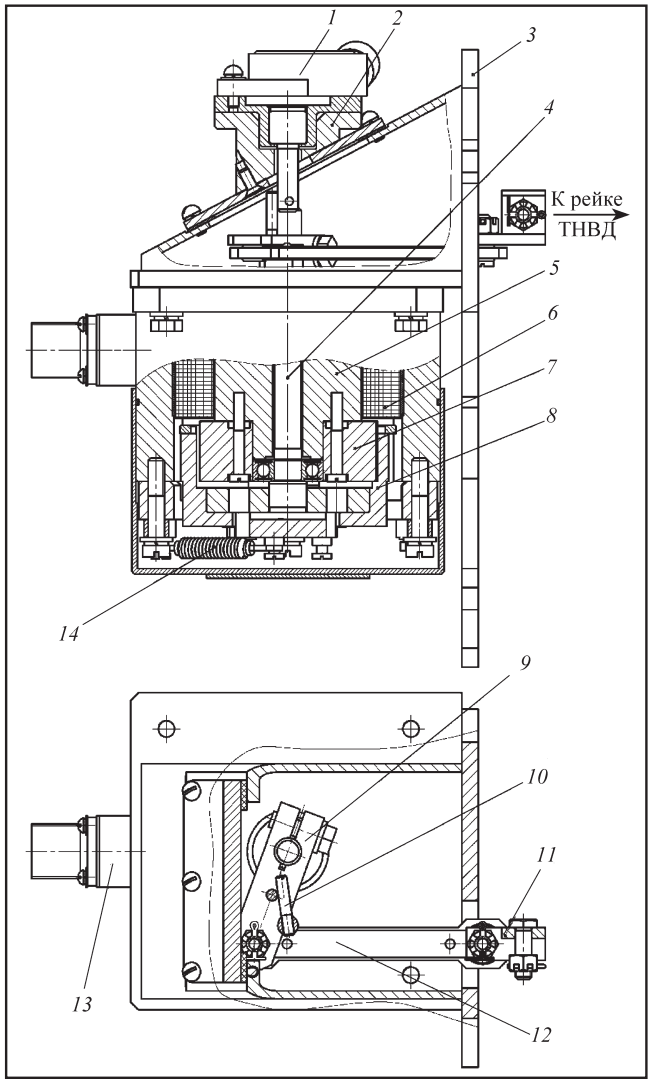


Рис. 6. *Общий вид исполнительного устройства в комплекте с датчиком положения выходного органа:*
1 – датчик положения; *2* – корпус датчика положения; *3* – плита для подсоединения к ТНВД; *4* – выходной вал исполнительного устройства; *5* – корпус исполнительного устройства; *6* – катушка; *7* – полюс; *8* – якорь; *9* – рычаг; *10* – поводок; *11* – хвостовик для подсоединения к рейке ТНВД; *12* – серьга; *13* – штепсельный разъем; *14* – возвратная пружина

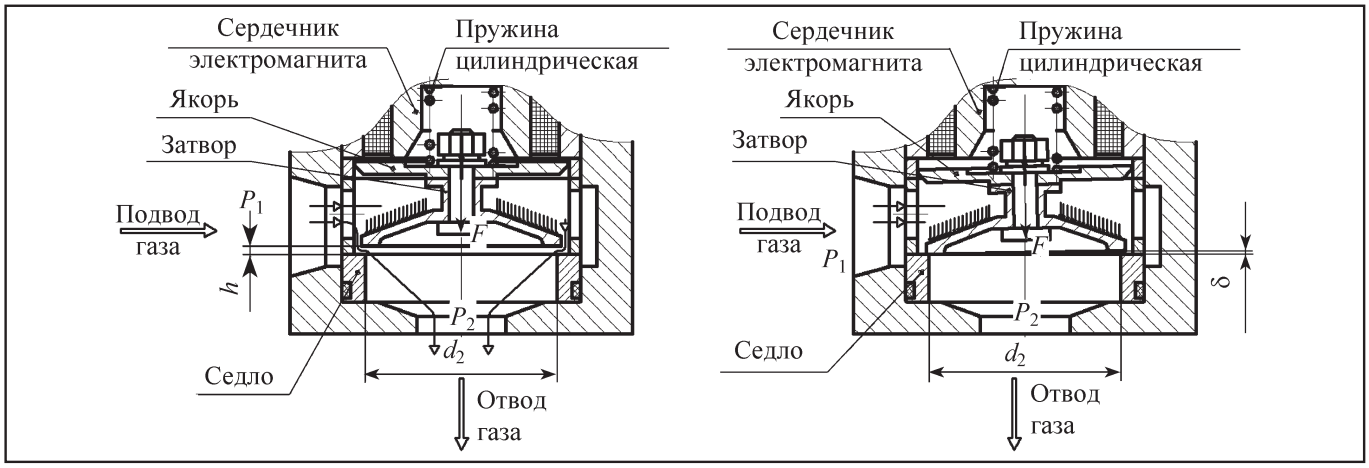


Рис. 7. *Вариант электрогазового клапана с цилиндрической возвратной пружиной и с однокромочным седлом:*
P_1 – давление газа на входе в электрогазовый клапан; P_2 – давление газа на выходе клапана; F – усилие на затворе; d_2 – диаметр кольцевой щели; h – ход затвора; δ – перекос затвора при посадке

Конструкция электроуправляемого электрогазового клапана, предназначенного для дозирования подачи газа в каждый цилиндр, первоначально разрабатывалась для двигателей большей мощности с цилиндрической возвратной пружиной и с однокромочным седлом. Однако в процессе проведенных исследований и испытаний было выявлено, что посадка затвора на седло происходила с перекосом, который вызывал интенсивный износ седла и затвора с последующим нарушением герметичности. Вариант электрогазового клапана с цилиндрической возвратной пружиной и с однокромочным седлом представлен на рис. 7.

Наличие одной кольцевой кромки у электрогазового клапана большой производительности приводило к увеличенным размерам седла и затвора, что сопровождалось ростом силы отрыва затвора от седла и необходимостью увеличения размеров электромагнита. Далее приведены расчетные формулы для определения усилий действующих на затвор и величины цикловой подачи топлива.

Формулы для определения усилий, действующих на затвор, для однокромочного седла

Площадь проходного сечения клапана рассчитывается по формуле:

$$f = \pi d_2 h [\text{мм}^2], \qquad (1)$$

где d_2 – диаметр кромки щели седла, мм; h – ход затвора, мм.

Усилие, действующее на затвор от газов, рассчитывается по формуле:

$$F = (P_1^2 - P_2^2)\frac{\pi d_2^2}{4} 10^{-1} [\text{кг}], \qquad (2)$$

где P_1 – давление газа на входе в клапан электрогазовый, МПа; P_2 – давление газа на выходе клапана электрогазового, МПа.

Формулы для определения усилий, действующих на затвор, для двухкромочного седла

Площадь проходного сечения клапана электрогазового рассчитывается по формуле:

$$f = \pi(d_2 + d_1)h \ [\text{мм}^2], \qquad (3)$$

где d_1 – диаметр внутренней кромки щели седла, мм; d_2 – диаметр наружной кромки щели седла, мм; h – ход затвора, мм.

Усилие, действующее на затвор от газов, рассчитывается по формуле:

$$F = (P_1^2 - P_2^2)\frac{\pi(d_2^2 - d_1^2)}{4} 10^{-1} [\text{кг}], \qquad (4)$$

где P_1 – давление газа на входе в клапан электрогазовый, МПа; P_2 – давление газа на выходе клапана электрогазового, МПа.

Цикловая подача газа рассчитывается по формулам:

1) для режима докритического истечения – $\left(\frac{P_z}{P_1} > \beta_{кр}\right)$

$$V_z = \frac{\mu f P_1}{P_0} t_0 \sqrt{2kRT[\beta^{\frac{2}{k}} - \beta^{\frac{k+1}{k}}]} \left[\frac{нм^3}{цикл}\right]; \quad (5)$$

2) для режима надкритического истечения – $\left(\frac{P_z}{P_1} \le \beta_{кр}\right)$

$$V_z = \frac{\mu f P_1}{P_0} t_0 \sqrt{RT\left[\frac{2}{k+1}\right]^{\frac{k+1}{k-1}}} \left[\frac{нм^3}{цикл}\right], \quad (6)$$

где $P_1 = P_{1и} + P_0$ – давление газа абсолютное на входе в электрогазовый клапан, МПа; $P_2 = P_{2и} + P_0$ – давление газа абсолютное на выходе электрогазового клапана, МПа; $P_{1и}$ – давление газа избыточное на входе в электрогазовый клапан, МПа; $P_{2и}$ – давление газа избыточное на выходе электрогазового клапана, МПа; $P_0 = 0{,}1$ МПа – давление атмосферное; $\beta_{кр} = \frac{P_z}{P_1} = \left[\frac{2}{k+1}\right]^{\frac{k}{k-1}}$ – критическое отношение давлений; k – показатель адиабаты (для многоатомных газов принимается равным $\frac{9}{7}$, или 1,286; μ – коэффициент расхода проходного сечения электрогазового клапана (определяется экспериментально, предварительно принимается равным 0,6); f – площадь проходного сечения электрогазового клапана, м^2; t_0 – время открытия электрогазового клапана (длительность подачи электрического питания на электромагнит), с; R – газовая постоянная, $\frac{Дж}{кг \cdot град}$ (для природного газа принимается равной 480 $\frac{Дж}{кг \cdot град}$); $T = t_г + 273$ – температура газа, К; $t_г$ – температура газа, °С.

На основании расчетов и в процессе дальнейших разработок была принята конструкция электрогазового клапана с двумя пластинчатыми пружинами и с двухкромочным седлом. Наличие двух плоских пружин в электрогазовом клапане осуществляет плоскопараллельное движение затвора, что обеспечивает при посадке затвора контакт по всей поверхности затвора и седла и тем самым снижает контактное напряжение. Наличие двухкромочного седла обладает преимуществом по сравнению с однокромочным седлом, поскольку при одинаковых габаритах площадь проходного сечения для прохода газов у него больше, а усилие от давления газа, действующее на затвор, меньше. На такой электрогазовый клапан получен патент Российской Федерации № 2211878. Вариант электрогазового клапана с двумя пластинчатыми пружинами и с двухкромочным седлом представлен на рис. 8.

Изготовленный образец электрогазового клапана с двумя пластинчатыми пружинами и двухкро-

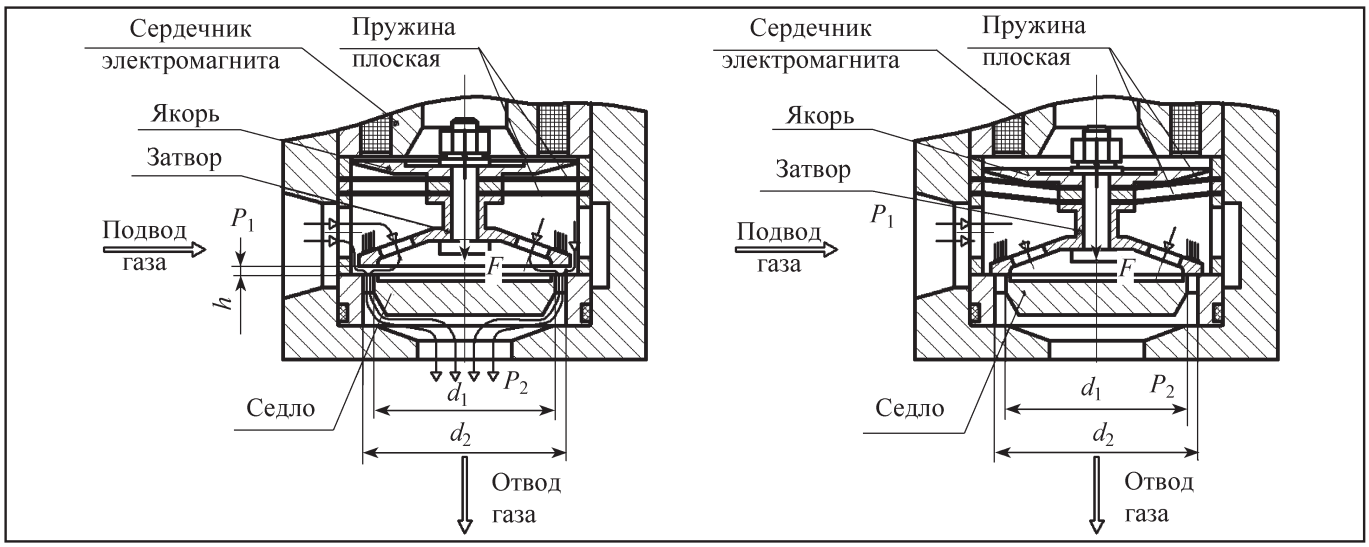


Рис. 8. *Вариант электрогазового клапана с двумя пластинчатыми пружинами и с двухкромочным седлом:*
P_1 – давление газа на электрогазовый клапан; P_2 – давление газа на выходе клапана; F – усилие на затворе; d_1 – внутренний диаметр кольцевой щели; d_2 – наружный диаметр кольцевой щели; h – ход затвора

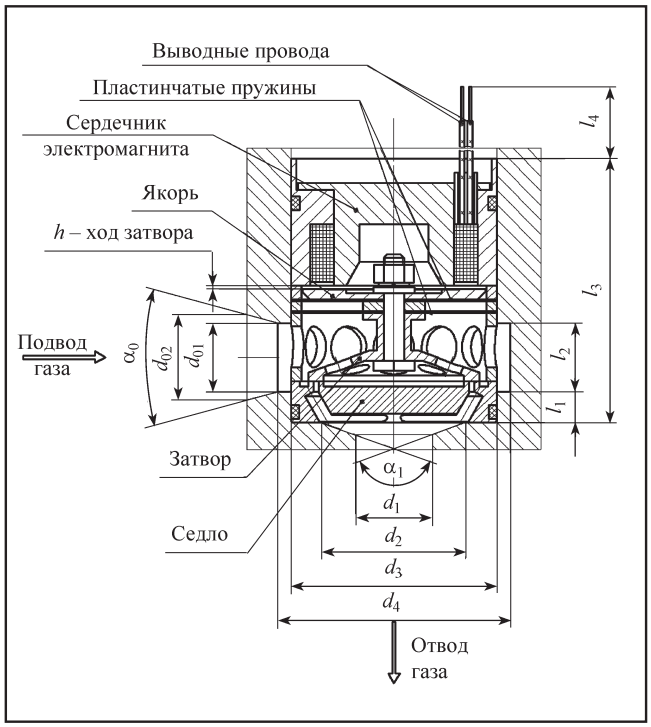


Рис. 9. *Электрогазовый клапан*

мочным седлом был подвергнут циклическим испытаниям. После 50 млн циклов расход воздуха через электрогазовый клапан не изменился. Электрогазовый клапан представлен на рис. 9.

Конфигурация и размеры корпуса, в котором размещены основные элементы электрогазового клапана, а также способ крепления выводных проводов выполняются по техническим требованиям Заказчика. Для автотракторной техники на основе данной конструкции была разработана модификация электрогазового клапана, предназначенного для трактора К-700, представленная на рис. 10. Циклограмма работы электрогазового клапана представлена на рис. 11.

Разработанный электрогазовый клапан 2ЭГК.02 имеет следующие основные характеристики:

а) длительность времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его открытия составляет $t_с$ = 3 мс;

б) длительность времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его закрытия составляет $t_п$ = 3 мс;

в) цикловая подача при давлении газа P_1 = = 3 кгс/см^2 на входе в электрогазовый клапан, при противодавлении P_2 = 1,6 кгс/см^2 на выходе из электрогазового клапана и при длительности времени t_0 = 10 мс открытия клапана составляет $0{,}8 \cdot 10^{-4}$ нм^3/ц;

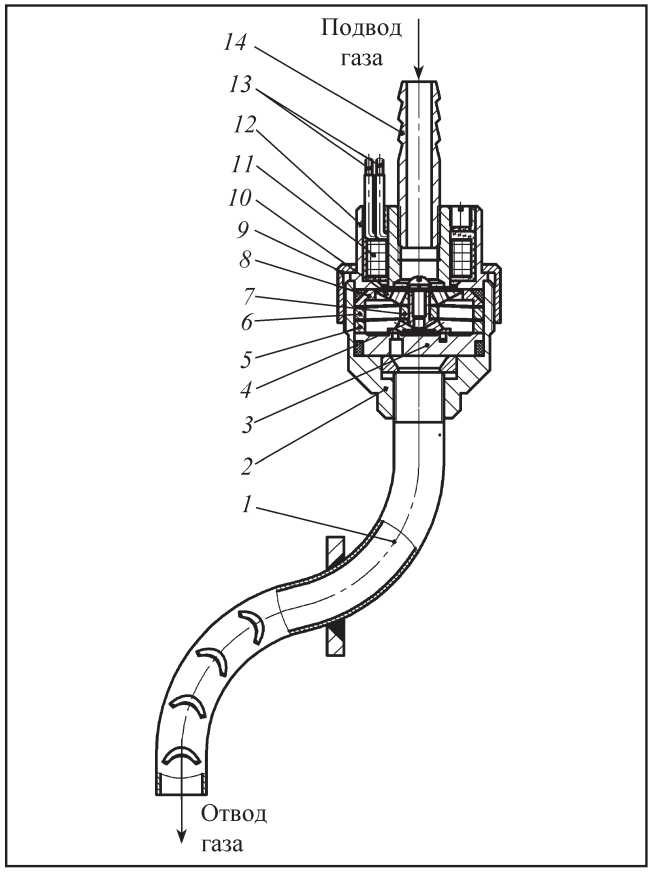


Рис. 10. *Электрогазовый клапан 2ЭГК.02:*
1 – трубка для отвода газа; *2* – корпус; *3* – седло; *4* – затвор; *5* – кольцо опорное; *6* – кольцо распорное; *7* – втулка распорная; *8* – шайба установочная; *9* – гайка накидная; *10* – якорь; *11* – катушка; *12* – корпус электромагнита; *13* – провода выводные; *14* – штуцер для подвода газа

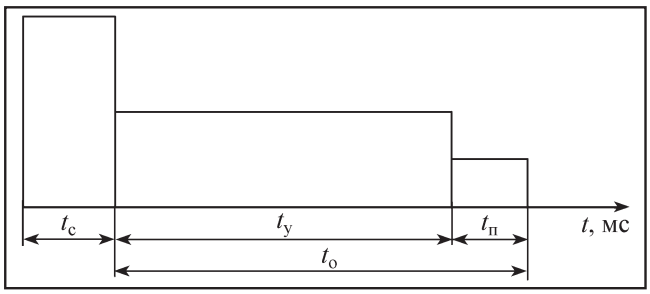


Рис. 11. *Циклограмма работы электрогазового клапана:*
$t_с$ – длительность времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит электрогазового клапана до его открытия, мс; $t_п$ – длительность времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит электрогазового клапана до его закрытия, мс; $t_у$ – длительность режима тока удержания, мс; t_0 – длительность открытого состояния электрогазового клапана, мс

Зависимость цикловой подачи от длительности времени полного открытия клапана – линейная. Системы топливоподачи газодизелей большой мощности (более 1000 кВт) комплектуются электрогазовыми клапанами типа 4ЭГК. Эксплуатация системы СЭРГ500 показала надежность, низкие затраты на обслуживание, доступность и легкость регулировок при обслуживании.

Опытные образцы модификации электрогазового клапана (4ЭГК1) прошли испытания на ОАО "Коломенский завод" в лаборатории на безмоторном стенде, а также на стенде с одноцилиндровой газодизельной установкой в моторной лаборатории, где были подтверждены все заявленные изготовителем параметры.

Испытания на полноразмерном газодизель-генераторе ГД-1000 на ОАО "Турбомоторный завод" (г. Екатеринбург) в составе системы электронного управления с регулированием запальной дозы дизельного топлива электрогазовыми клапанами 4ЭГК1 показали, что параметры регулирования частоты вращения газодизель-генератора ГД-1000 с системой электронного регулирования и импульсной подачи газа соответствуют 1-му классу точности по ГОСТ 10511–83.

При этом основные характеристики электрогазового клапана 4ЭГК1 следующие:

а) длительность времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его открытия составляет $t_с$ = 6 мс;

б) длительность времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его закрытия составляет $t_п$ = 4 мс;

в) цикловая подача при давлении газа P_1 = = 2,9 кгс/см^2 на входе в электрогазовый клапан, при противодавлении P_2 = 1,6 кгс/см^2 на выходе из электрогазового клапана и при длительности времени t_0 = 13,5 мс открытия клапана составляет $0{,}75 \cdot 10^{-3}$ нм^3/ц;

г) цикловая подача при давлении газа P_1 = = 3,1 кгс/см^2 на входе в электрогазовый клапан, при противодавлении P_2 = 0,1 кгс/см^2 на выходе из электрогазового клапана и длительности времени t_0 = 3,5 мс открытия клапана составляет $0{,}2 \cdot 10^{-3}$ нм^3/ц.

Из-за отсутствия охлаждающих форсунок не удалось минимизировать запальную дозу в ходе этих испытаний.

С аналогичными электрогазовыми клапанами была разработана система электронного управления с импульсной подачей газа на газовых двигателях с искровым зажиганием. В настоящее время такая система внедрена на газовом двигателе с искровым зажиганием, выполненым на базе дизеля 12ЧН26/26 при его работе в составе двигатель-генератора на общую сеть. Система показала устойчивую работу при пропуске вспышек. Параметры переходного процесса по забросу частоты вращения с данной системой соответствует 1-му классу точности регулирования по ГОСТ 10511–83.

Для этой системы разработана новая модификация электрогазового клапана 4ЭГК.03 повышенной цикловой подачи и со сниженной потребляемой мощностью. При этом основные характеристики электрогазового клапана 4ЭГК.03 следующие:

а) длительность времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его открытия составляет $t_с$ = 4,5 мс;

б) длительность времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его закрытия составляет $t_п$ = = 2,5 мс;

в) цикловая подача при давлении газа P_1 = = 2,8 кгс/см^2 на входе в электрогазовый клапан, при противодавлении P_2 = 1,3 кгс/см^2 на выходе из электрогазового клапана и при длительности времени t_0 = 24 мс открытия клапана составляет $1{,}89 \cdot 10^{-3}$ нм^3/ц;

г) цикловая подача при давлении газа P_1 = = 0,4 кгс/см^2 на входе в электрогазовый клапан, при противодавлении P_2 = 0 кгс/см^2 на выходе из электрогазового клапана и при длительности времени t_0 = 6 мс открытия клапана составляет $0{,}157 \cdot 10^{-3}$ нм^3/ц.

Зависимость цикловой подачи от длительности времени полного открытия клапана линейная.

Проведенный комплекс экспериментальных исследований разработанных систем электронного управления топливоподачей, включающих как испытания на безмоторных стендах, так и моторные испытания, подтвердил эффективность этих САУ для газовых и газодизельных двигателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. **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.

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

4. **Gettel L.E., Perry G.C., Boisvert J. et al.** Dual Fuel Engine Control Systems for Transportation Applications // Transactions of the ASME. Journalof Engineering for Gas Turbines and Power. 1987. Vol. 109. № 4. P. 435–438.

5. **Kubesh J.T., Podnar D.J., Guglielmo K.H. et al.** Development of an Electronically-Controlled Natural Gas-Fueled John Deere Power Tech 8.1 L Engine // SAE Technical Paper Series. 1995. № 951940. P. 71–78.

6. **Савельев Г.** Применение природного газа в качестве моторного топлива на сельскохозяйственных тракторах // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2005. № 1. С. 45–51. № 2. С. 36–39.

7. **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.

8. **Кавтарадзе Р.З.** Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 589 с.

9. **Bosch:** Системы управления дизельными двигателями: пер. с нем. М.: Изд-во "За рулем", 2004, 480 с.

10. **Крутов В.И.** Электронные системы регулирования и управления двигателей внутреннего сгорания. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1991, 138 с.

11. **Фурман В.В., Иванов В.А., Марков В.А.** Системы электронного управления для дизельных двигателей. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013. Вып. 5. URL: http://engjournal.ru/catalog/machin/criogen/723.html

12. **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.

УДК 76.1.0022.1

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИДКИХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ

М.А. Наджафова, д-р хим. наук; **Т.А. Мамедова,** д-р техн. наук; **Х.Ш. Теюбов,** канд. хим. наук; **Э.Н. Аскерова, С.К. Алиева, М.М. Аббасов, Н.Э. Мовсумов,** докторант; Институт нефтехимических процессов им. акад. Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, г. Баку

В настоящей работе представлены результаты спектроскопических исследований жидких продуктов пиролиза биомассы (виноградной лозы). Установлено, что полученный жидкий продукт пиролиза аналогичен многим нефтям Азербайджана. Использование в качестве теплоносителя – кварцевого песка уменьшает кислотные и увеличивает алкильные группы.

Ключевые слова: *биомасса; виноградная лоза; ЭПР; ИК-спектроскопия теплоноситель, кварцевый песок, жидкие продукты пиролиза, кислотные и алкильные группы.*

SPECTROSCOPIC INVESTIQATION OF THE PYROLYSIS PRODUCTS OF THE QRAPE VINE

Najafova M.A., Dr habil of chemical sciences; **Mamedova T.A.,** Dr habil of technical sciences;
Teyubov H. Sh., Ph.D of chemical sciences; **Askerova E.N., Alieva S.K., Abbasov M.M., Movsumov N.E.,** Doctoral student; Institute of Petrochemical Processes. acad. Yu.G. Mammadaliyeva National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku city

In this work, the results of spectroscopic studies of liquid pyrolysis products of biomass (grapevine) are presented. It is established that the resulting liquid product of pyrolysis is analogous to many of Azerbaijan's oil. Use as a coolant - quartz sand reduces acidic and increases alkyl groups.

Keywords: *biomass; grapevine; EPR; IR spectroscopy coolant; quartz sand; liquid pyrolysis products; acid and alkyl groups.*

В последние годы во всем мире возникла большая заинтересованность в использовании биомассы для выработки тепловой и электрической энергии и ее вовлечение в топливно-энергетический баланс страны. Об этом говорят многочисленные исследования в странах Европейского союза и США, направленные на выявление оптимальных путей использования биомассы в энергетике. Понятие биомассы относится ко всем материалам растительного происхождения, которые могут быть использованы для получения энергии, включая древесину, растительные и древесные отходы, лузгу подсолнечника, шелухи овса, гречки и др. Растительная биомасса в силу таких своих основных качеств, как возобновляемость данного вида топлива, ее экологическая чистота в сравнении с другими видами топлива, отсутствие воздействия на баланс свободного углерода в атмосфере, считается одним из наиболее "благородных" видов топлива и рассматривается во многих странах как перспективный источник энергии в ближайшее будущее. Сокращение запасов и нестабильность цен на нефть, природный газ и уголь вследствие усиливающегося энергетического кризиса во всем мире, способствует интенсификации исследовательских работ в использовании альтернативных источников энергии [1–5]. В этой связи получение альтернативных источников энергии является одним из важнейших задач в области энергоснабжения и инновационного развития экономики в Азербайджане.

Сырье для получения биотоплива имеется во всех регионах Азербайджана и почти в каждом из них может быть налажено производство энергии и топлива из биомассы, а при правильной установке ее воспроизводства, сбора и переработки, доля энергии и топлива, получаемая из биомассы, может существенно возрасти [6]. Выработанное из растительной биомассы альтернативное топливо

(жидкое, твердое и газообразное) более универсально, экологически чистое и имеет большое энергосодержание по сравнению с сырьем. Сырье для получения биотоплива (навоз, стебли хлопчатника, полевые отходы овощных культур, кустарники винограда, кукурузные стебли и т.п.) имеется во всех регионах Азербайджана и почти в каждом из них может быть налажено производство энергии и топлива из биомассы. С другой стороны, пиролиз представляет собой эффективный способ утилизации биомассы. Растущая зависимость в нефти, потребность снизить выбросы парниковых газов определяют направления энергетической политики, ориентированной на использование альтернативных источников энергии. В связи с этим возникает целесообразность и, возможно, необходимость фундаментальных исследований процессов, протекающих при нагреве до температур интенсивных физико-химических превращений для некоторых разновидностей биомасс.

Жидкие продукты, получаемые методом пиролиза древесных отходов [7], являются высококалорийными источниками энергии, которые можно использовать помимо своего основного назначения также в качестве антиокислительных добавок к моторным топливам [8], ценного сырья для химического синтеза [7], внедрения небольших количеств биопродукта в товарный мазут в целях увеличения агрегативной устойчивости дисперсной системы в соответствии с требованием ГОСТ 10585–99 на товарные мазуты [9].

Были проведены два опыта пиролиза виноградной лозы в автоклаве при температуре 450 °С в течение 10 мин в безвоздушной среде. При этом в опыте 1 в автоклав помещена только мелко измельченная до порошкообразного состояния виноградная лоза, а в опыте 2 – виноградная лоза в смеси с кварцевым песком (песок добавлен для быстрого нагрева биомассы до требуемой температуры). В процессе опыта давление в автоклаве поднималось до 7,0 МПа. После отдувки образующихся газов из автоклава извлекался уголь с адсорбированными на нем продуктами разложения биомассы при указанных выше условиях. Жидкие продукты пиролиза десорбировались с поверхности угля толуолом (толуольные растворы), после чего толуол отгонялся, оставшиеся продукты после отгона толуола направлялись на спектроскопический анализ, которому были подвергнуты четыре образца: широкая фракция жидких продуктов пиролиза (опытов 1 и 2, образцы № 1 и 3), а также оставшиеся продукты пиролиза после отгона толуола из образцов № 1 и № 3 (соответственно образцы № 2 и 4).

Исследование полученных жидких продуктов пиролиза биомасс проводили методом ЭПР-спектроскопии на радиоспектрометре Bruker Bio Spin в условиях минимального насыщения. Амплитуду высокочастотной модуляции (100 кГц) варьировали в диапазоне 150–550 мТл. Настройка внутреннего стандарта поля определялась по эталону УДА (ультрадисперсный алмаз) с g = 2,0036. Спектры ЭПР регистрировали при комнатной температуре.

Состав и свойства жидких продуктов пиролиза исследовали методом ИК-спектроскопии на Фурье-спектрометре ALPHA (Bruker, Германия) в диапазоне волновых чисел 600–4000 см$^{-1}$.

Масс-спектральный анализ проводили на хроматомасс-спектрометре модели Thermo Focus DSQ II производства фирмы Thermo Scientific (США) с капиллярной колонкой Varian VF-5ms длиной 15 м, внутренним диаметром 0,25 мм, толщиной слоя неподвижной фазы 0,25 мкм, газноситель гелий. Режим работы хроматографа: температура инжектора 300 °С, начальная температура печи хроматографа 45 °С, затем изотерма в течение 3 мин, затем нагрев до температуры 310 °С со скоростью 3 °С/мин, затем изотерма в течение 20 мин. Режим работы масс-спектрометра: энергия ионизации 70 эВ, температура источника 250 °С, сканирование в диапазоне 10–450 Да со скоростью 1,5 скан/с, разрешение 1 а.е.м. по всему диапазону масс. Идентификацию компонентов осуществляли с использованием масс-спектральной базы данных NIST/EPA/NIH 14.

Цель проведенной работы заключалась в изучении методами ЭПР- и ИК-спектроскопии парамагнитной природы полученного продукта пиролиза биомассы, определения состава и химической природы жидких продуктов пиролиза. Расчет содержания УВ проводили по ранее описанной методике структурно-группового анализа смесей УВ [10].

Известно, что жидкие продукты пиролиза, как и любая нефть, характеризуются наличием парамагнетизма, обусловленного молекулами смолисто-асфальтеновых веществ (САВ) и ионами переходных металлов. САВ составляет самую большую группу неуглеводородных компонентов нефти и объединяет две большие группы высокомолеку-

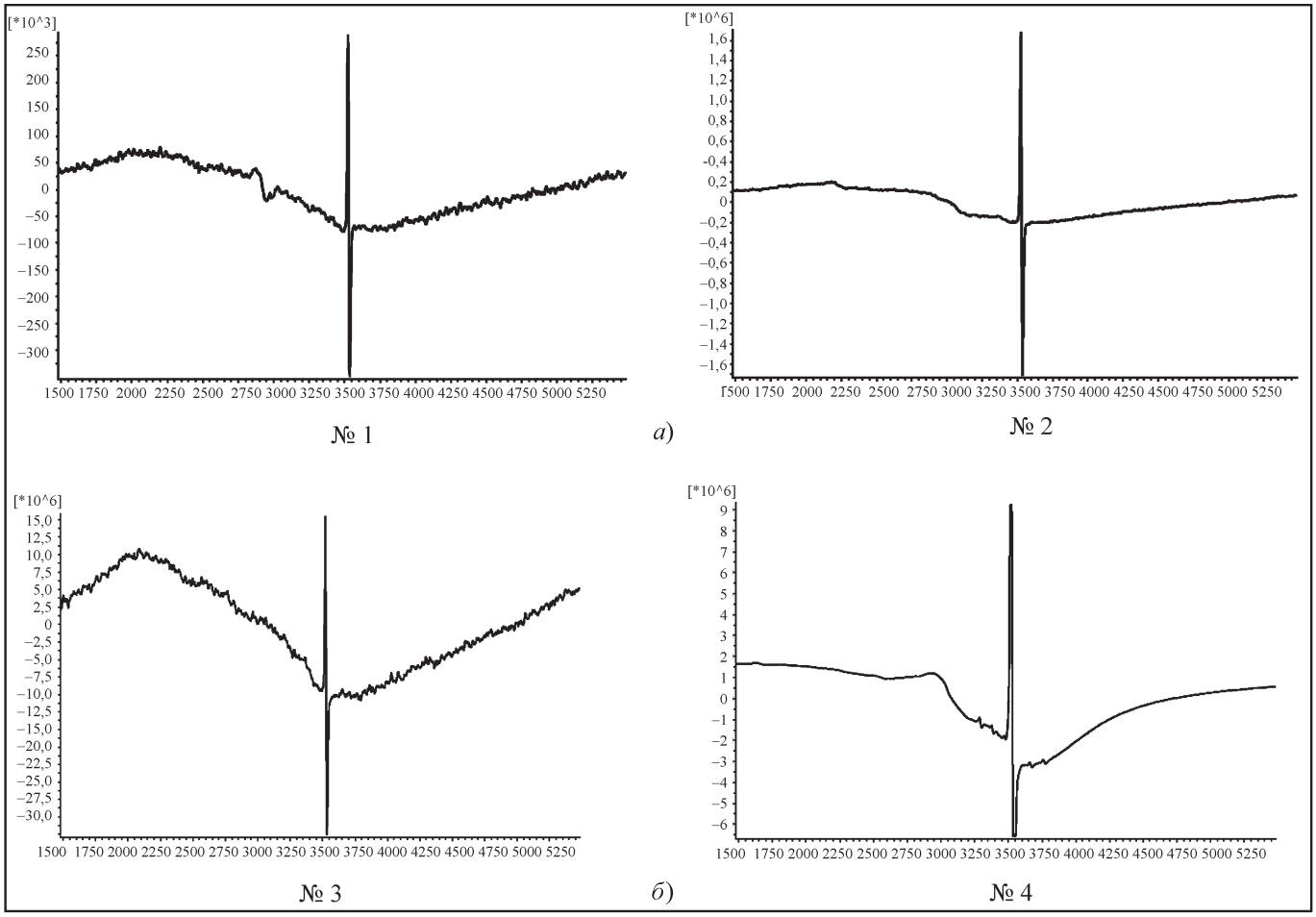


Рис. 1. *ЭПР-спектры толуольных растворов пиролиза (виноградной лозы):*
а – до (№ 1) и после отгона толуола (№ 2) (опыт 1); *б* – до (№ 3) и после отгона толуола (№ 4) (опыт 2)

лярных соединений нефти – смолы и асфальтены. В химическом составе, строении и свойствах этих двух групп веществ имеется много общего. Но вместе с тем каждая из групп характеризуется рядом особенностей и различий в составе и свойствах.

В настоящее время существенную роль при изучении нефти и жидких продуктов пиролиза играют физические методы, такие как ЭПР-, ИК-спектроскопия и др. [10–13]. В основном ставится задача определения парамагнетизма, наличия металлов и типов структур, входящих в них компонентов. Такой спектральный анализ позволяет делать вывод о присутствии в полученных продуктах соединений, содержащих группы C=O, CH_3, OH, SH, C=C конденсированных ароматических, C–H алифатических, C–O– кислотных связей, C–O–C (простых и сложных) эфиров и наличие гетероатомов O, N, S-содержащих, металлов и САВ.

На рис. 1 приведены ЭПР-спектры толуольных растворов продуктов пиролиза виноградной лозы для опытов 1 и 2 до и после отгона толуола из исходных № 1 и № 3. В спектрах ЭПР регистрируются: узкая линия с ($\Delta H_{шир}$ = 0,80 мТл, g = 2,0034), характерная для радикалов смолисто-асфальтеновых веществ ($R^{\bullet}_{САВ}$ = $2 \cdot 10^{16}$ спин/г) и широкая линия, обусловленная ионами оксидов железа ($\Delta H_{шир}$ = = 168,0 мТл, g = 2,24), микрокристаллами окиси меди ($\Delta H_{шир}$ = 108,9 мТл, g = 2,27), ионами $NiCl_2$ ($\Delta H_{шир}$ = 117,4 мТл, g = 2,27) , которых значительно больше в образце № 3 (с добавлением в качестве теплоносителя кварцевого песка). После отгона толуола из образца № 3 в образце № 4 регистрируется уменьшение концентрации ионов железоподобных металлов, а также отчетливо видны линии спектра ЭПР от ионов Mn и другого металла

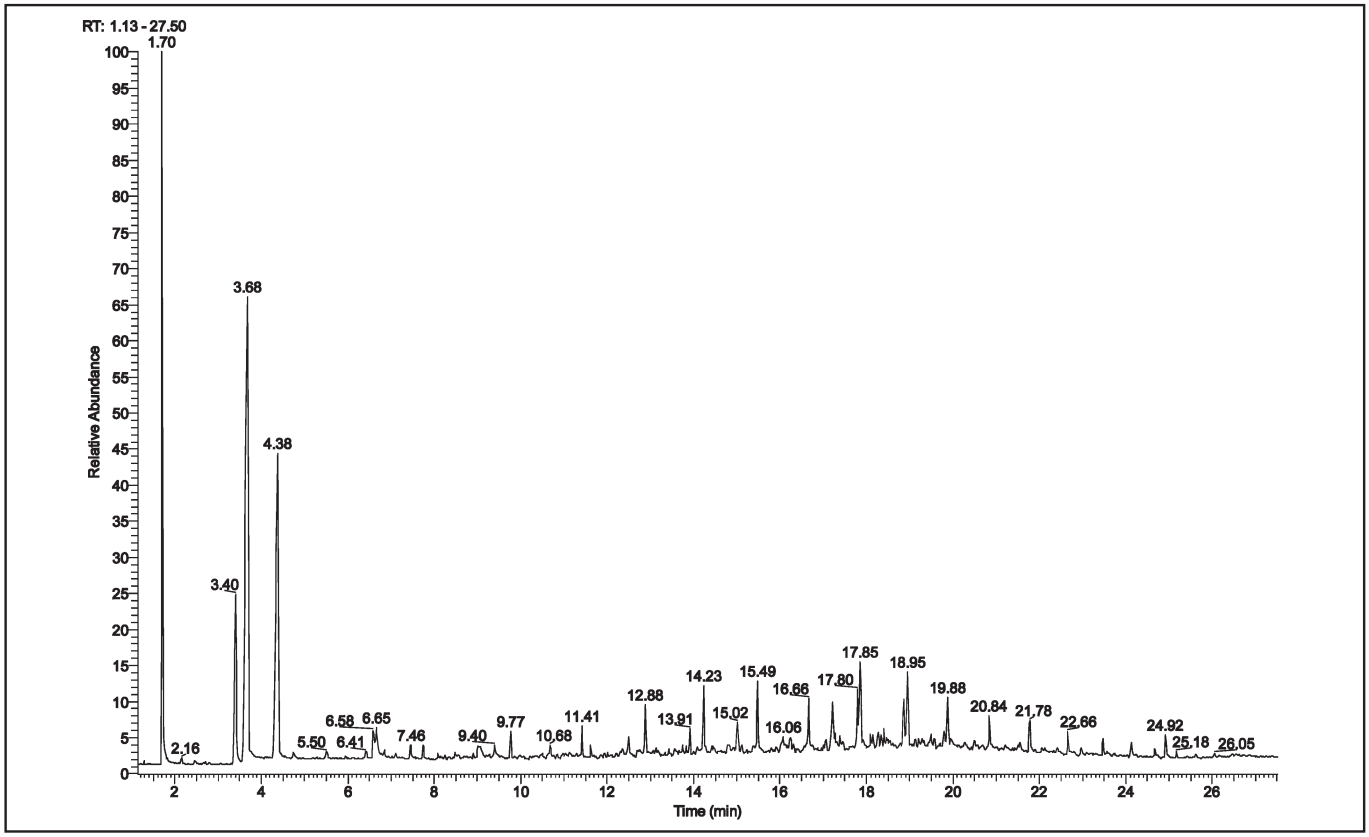


Рис. 2. *Данные масс-спектрального анализа*

($\Delta H_{шир}$ = 79,4 мТл, g = 2,24), спектр ЭПР которого до конца не был идентифицирован. Таким образом, показано, что спектры ЭПР жидких продуктов пиролиза виноградной лозы аналогичны со спектрами ЭПР многих нефтей Азербайджана [14].

ИК-спектры жидких продуктов, полученных при проведении опытов 1 и 2. В ИК-спектрах обоих видов продуктов (образцы № 1 и № 3 соответственно для опыта 1 и опыта 2) регистрируются одинаковые полосы поглощения: С=С конденсированных ароматических ядер (1604 см$^{-1}$), С–Н-связи деформационных и валентных колебаний CH_3 и CH_2-групп (1378,1456,1494, 2870, 2919 см$^{-1}$), незначительных количеств простых эфиров (1168 см$^{-1}$), ОН-спиртовых соединений (1029 см$^{-1}$), замещений бензольного кольца (692, 725, 769 см$^{-1}$) и С–Н-связи в группе НС=С– (3025, 3060, 3085 см$^{-1}$). Не наблюдаются полосы поглощения карбонильных (1705 см$^{-1}$) и карбоксильных (985 см$^{-1}$) групп кислотного характера, а также полосы поглощения для металлов (433, 463, 483 см$^{-1}$). ИК-исследования образцов № 2 и 4 (после отгона толуола из № 1 и № 3) соответственно для опытов 1 и 2 показали, что в данных образцах наблюдаются полосы поглощения С=С-связи конденсированных (1605 см$^{-1}$) и Н–С в НС=С – (1515, 3024 см$^{-1}$) ароматических ядер, алкильных (1377, 1454, 1494, 2856, 2922 см$^{-1}$), карбонильных (1705 см$^{-1}$) и СООН (985 см$^{-1}$) групп кислотного характера, ОН (1029, 3200 см$^{-1}$) спиртовых соединений, замещения бензольного кольца (691, 742, 768, 795 см$^{-1}$). Проведенные сравнительные исследования образцов № 2 и № 4 опытов 1 и 2 показали, что добавление кварцевого песка в случае опыта 2, значительно уменьшает кислотный характер биотоплива. Так, интенсивности максимумов полос поглощения для образца № 2 (опыт 1) при 1705 см$^{-1}$ (С=О) и 1202 см$^{-1}$ (С–О) значительно превышают таковые для образца № 4 (опыт 2). При этом уменьшаются интенсивности максимумов поглощения (727, 768 см$^{-1}$) алкильных групп, С–Н-связей ароматических углеводородов. Интенсивности максимумов полос поглощения С=С ароматического кольца в обоих образцах № 2 и 4 не изменяются. Данные масс-спектрального анализа приведены на рис. 2.

Визуальные наблюдения свечения исследуемых образцов под действием излучения ртутной лампы с использованием светофильтра УФС-1 показали, что образец № 5, полученный в результате вакуумной перегонки образца № 3 (T = 283 °C, P = = 100 мм /рт.ст.), люминесцирует голубым цветом, присущим производным антрацена. В остальных образцах № 1, 2 и № 3, 4 наблюдается люминесценция желтого цвета (характерная для смолистых веществ), обрамленная голубовато-фиолетовым кольцом, что свидетельствует о присутствии в дисперсной системе полициклических ароматических углеводородов.

Таким образом, на основании проведенных ЭПР- и ИК-спектроскопических исследований полученных жидких продуктов можно утверждать, что при пиролизе виноградных лоз получены продукты, аналогичные многим нефтям Азербайджана, а добавление теплоносителя в биомассу в процессе пиролиза, приводит к уменьшению кислотных и увеличению алкильных групп.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гелетуха Г.Г., Железная Т.А.** Обзор современных технологий получения жидкого топлива из биомассы. Ч. 2 // Экотехнологии и ресурсосбережения. 2000. № 3. С. 3–11.

2. **Bringwater A.V., Toft A.J., Drammer J.G.** A techno-economic comharison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification renewable and susnainable // Energy Review. 2002. № 6. P. 181–248.

3. **Гелетуха Г.Г., Железная Т.А., Тишаев С. В., Кобзарь С.Г.** Развитие биоэнергетических технологий в Украине // Экотехнологие и ресурсосбережения. 2002. № 3. С. 3–11.

4. **Qasmar A., Czernik S.** Fuel oil quality of biomass pyrolysis oil state of the art for the end users // Energy Fuels. 1999. № 3. P. 914–921.

5. **Гелетуха Г.Г., Железная Т.А.** Получение жидкого топлива из биомасс быстрым пиролизом и его использование. Ч. 1 // Промышленная теплотехника. 2005. № 4. С. 1–100.

6. **Узаков Г.Н., Раббимов Р.Т., Алиярова Л.А., Рахимов С.А.** Эффективность применения пиролизной технологии для получения альтернативного топлива из местных органических отходов // Башкирский химический журнал. 2008. Т. 15, № 2. С. 27–49.

7. **Забелкин С.А., Тунцев Д.В., Грачев А.Н., Башкиров В.Н.** Энергетическое использование жидких продуктов быстрого пиролиза древесины // Лесной вестник. 2010. № 4. С. 79–86.

8. **Куликов К.В., Литвинов В.В., Пиялкин В.Н., Забелкин С.А., Башкиров В.Н.** Получение и исследование жидких биотоплив из биомассы дерева методом пиролиза // Вестник казанского технол. университета. 2012. Т. 15, № 13. С. 197–200.

9. **Капустин В.М., Кожевникова Ю.В., Чернышева У.Ф., Асаула В.Ю.** Процесс пиролиза биомассы как источник получения альтернативного топлива // Журнал нефти и газа. 2011. № 3. 31 с.

10. **Поляковой А.А.** Масс-спектральный анализ в нефтепереработке и нефтехимии. М.: ВНИИНП ,1988. 115 с.

11. **Береговцева Н.Г., Шарипов В.И., Кузнецов Б.Н.** Исследование состава жидких продуктов термического превращения лигнина // Jornal of Siberian Feleral University. Chemistry 1. 2009. P. 36–44.

12. **Наджафова М.А., Теюбов Х.Ш., Мамедова Т.А., Сафарли И.А., Мовсумов Н.Э., Аббасов М.М., Алиева С.К., Аббасов В.М.** Парамагнитная природа продуктов пиролиза растительной биомассы // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2016. № 11 (116). С. 26–28.

13. **Kuznetsov B.N., Sharipov V.I., Kuznetsova S.A., Tarabanko V.E., Ivanchenko N.M.** Study different metods of bio-liquids production from wood biomass and from biomass/polyolefine mixtures // International Jornal of Hydrogen energy. 2009. V. 34. P. 7051–7059.

14. **Джафарова Р.А., Наджафова М.А., Йолчуева У.Дж., Абдуллаева Ю.А.** Физико-химическое исследование нефти Сураханского месторождения // Нефтепереработка и нефтехимия 2015. № 3. С. 26–28.

14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА КОММЕРЧЕСКОГО АВТОТРАНСПОРТА "КОМТРАНС-2017". ЧАСТЬ 1

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

"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. Это удобное место для встреч с производителями и поставщиками коммерческого транспорта, на котором гостей ждет разнообразие новейших образцов современной грузовой техники, автобусов, прицепов, запчастей и комплектующих. Начнем обзор выставки с отечественных автопроизводителей, которые в этом году показали много интересных новинок.

Седан LADA Vesta CNG

LADA: впервые на "Комтрансе-2017"

На стенде компании из Тольятти представлены новинка этого года LADA Vesta CNG, а также наиболее востребованные коммерческие автомобили: LADA Largus фургон, LADA 4×4 пикап и LADA Granta пикап, адаптированные для решения различных производственных задач.

Продажи LADA на рынке коммерческого транспорта России активно развиваются, компания входит в тройку лидеров. Более того, впервые за последние 6 лет доля продаж Марки на рынке коммерческого транспорта достигла самой высокой отметки и составила 8,9 %, а в сегменте корпоративных продаж LADA заняла почти 18 % рынка. Первое место по количеству реализованных автомобилей в модельном ряде коммерческого транспорта принадлежит LADA Largus – 41 %, второе и третье место между собой делят LADA Granta и LADA 4×4 – по 21 % у каждой модели.

Новинкой стенда стала перспективная модификация LADA Vesta для корпоративных клиентов – LADA Vesta CNG, вышедшая на российский рынок в июле 2017 г. Двухтопливный автомобиль можно заправлять как бензином, так и природным газом метаном. Использование метана позволяет в три раза снизить затраты на топливо, что особенно актуально для корпоративного транспорта. Сегодня в дилерскую сеть уже переданы первые битопливные LADA для тестирования потенциальными корпоративными клиентами.

На стенде компании также были представлены еще четыре коммерческих автомобиля LADA, уже ставших популярными среди малого, среднего бизнеса и государственных структур.

LADA Largus фургон, являющийся одним из самых массовых коммерческих автомобилей LADA, представлен в двух модификациях: грузопассажирский автомобиль в стандартном заводском исполнении и фургон с увеличенной крышей. Напомним, что фургон LADA Largus пять раз подряд получал награду "Автомобиль года" в классе "Мини-фургоны". Сегодня семейство LADA Largus прочно занимает статус лидера среди универсалов, предназначенных для коммерческого использования. На российском рынке в этом классе нет автомобилей, сопоставимых с ним по вместительности, функциональности и надежности.

На выставке также показана одна из самых первых коммерческих моделей LADA – пикап на базе LADA 4×4. Сегодня выпускается широкий модельный ряд таких машин: от развозного пикапа до специального автомобиля для спасателей. На "Комтранс-2017" демонстрировалась универсальная модификация с бортовой платформой. Наряду с другими коммерческими версиями LADA 4×4 пикап выполнена на основе полурамной схемы. Кабина и приваренная к ней рама на рессорах являются оптимальным вариантом для грузоперевозок. В сравнении с обычной LADA 4×4, грузоподъемностью 325 кг, у пикапа она варьируется от 540 до 625 кг в зависимости от версии. Аналогичную полурамную компоновку имеет еще одна коммерческая модель LADA, с которой можно познакомиться на выставке, пикап на базе LADA Granta с изотермическим фургоном и холодильной установкой. Грузоподъемность этого автомобиля составляет 720 кг, что в полтора раза выше, чем у базовой легковой модели.

УАЗ: профессиональный подход

На стенде Ульяновского автомобильного завода были показаны перспективные модели новой линейки "УАЗ Профи" с широким спектром надстроек, которые позволят удовлетворить самые разные потребности клиентов в сфере перевозок грузов, доставки товаров, осуществления строительных ремонтных работ и т.д.

Новая модель "УАЗ Профи" сохранила основные преимущества бренда УАЗ, такие как непревзойденная проходимость и адаптированность к любым дорожным и климатическим условиям эксплуатации. При этом новый коммерческий автомобиль отличается высоким уровнем комфорта: эргономичное рабочее место, качественная шумоизоляция в кабине, интуитивно-понятное расположение органов управления и современное оснащение позволяют водителю чувствовать себя, как в легковом авто. Современные системы пассивной и активной безопасности, а также капотная компоновка обеспечивают высокую степень защиты водителя и пассажиров.

Промтоварный фургон "УАЗ Профи" с одинарной кабиной и типом привода 4×2 – это универсальный тип фургона, предназначенный для перевозки мебели, стройматериалов, бытовой химии, а также разнообразных напитков и продуктов питания, не требующих особого температурного режима. Данный тип фургона обеспечивает защиту от внешних воздействий и несанкционированного доступа, выполнен из сэндвич-панелей с полупрозрачной крышей. Для надежного крепления перевозки грузов внутри конструкции предусмотрена такелажная рейка.

Многофункциональный "УАЗ Профи"

Многофункциональный фургон "УАЗ Профи" с полным приводом представляет собой фургон арочного типа, установленный на шасси с двухрядной кабиной. Предназначен для перевозки грузов и материалов, может быть оборудован многофункциональной системой в виде полок и стеллажей. Имеет возможность трехсторонней разгрузки, выполнен на основе сэндвич-панелей. Автомобиль отвечает широким потребностям клиентов для перевозки оборудования и персонала до пяти человек. На его основе могут быть представлены различные специальные типы транспортных средств, например, автомобиль первой помощи для МЧС, автомобиль для выездных бригад, обеспечивающий обслуживание электрических сетей и газопроводов и т.д.

Бортовая платформа с типом привода 4×2 с тентом на удлиненном шасси автомобиля "УАЗ Профи" с однорядной кабиной. Платформа длиной более 4 м, с бортами из алюминиевого профиля толщиной 25 мм и разборным каркасом. Напольное покрытие выполнено из водостойкой ламинированной фанеры с сетчатым противоскользящим покрытием. Скобы для крепления не мешают перемещению груза: 4 напольных петли и 2 на передней усиленной стенке. Передний борт несъемный с защитной решеткой, усиленной трубами, служит опорой для длинномерного груза до 6 м. Каркас тента разборный, тент съемный со светопроникающим белым верхом. Петли бортов оцинкованные.

"УАЗ Профи" с двухрядной кабиной с типом привода 4×2 – пятиместный автомобиль, оборудованный платформой с откидными бортами из алюминиевого сплава и усиленной передней стенкой, предназначен для безопасной перевозки длинномеров. Напольное покрытие фургона выполнено из водостойкой ламинированной фанеры с сетчатым покрытием. Скобы для крепления груза (4 шт.) не мешают перемещению груза при погрузочных работах. Петли бортов оцинкованные.

"УАЗ Профи" с однорядной кабиной с типом привода 4×2, оснащенный бортовой платформой со съемным каркасом (без средних стоек) и тентом, бортами из алюминиевого сплава, усиленной передней стенкой, предназначен для безопасной перевозки длинномерных грузов.

Автомобильный гидроподъемник "УАЗ Профи" на полноприводном шасси с двухрядной кабиной предназначен для перевозки ремонтных бригад го-

родских коммунальных служб и подъема на высоту до 14,7 м для выполнения строительных и электромонтажных работ.

"УАЗ Профи" с однорядной кабиной с типом привода 4×2, оснащенный бортовой платформой с бортовой платформой с крано-манипуляторной установкой на полноприводном шасси предназначен для самостоятельной погрузки, разгрузки и транспортировки различных грузов.

Авторефрижератор с типом привода 4×2 представляет собой изотермический фургон объемом 9 м^3 с дополнительно установленным холодильным оборудованием, предназначенный для перевозки продуктов питания и прочих товаров, требующих поддержания заданного температурного режима в интервале от –20 до +50 °С.

Все автомобили оснащены новым поколением надежного бензинового двигателя Заволжского моторного завода, хорошо зарекомендовавшим себя в эксплуатации отечественных коммерческих автомобилей. Новый двигатель ZMZ-PRO, развивающий мощность до 160 л.с., в сочетании с адаптированной под коммерческий транспорт КП корейского производства, обеспечивает дополнительную топливную эффективность.

На старте продаж потребителям будет предложена заднеприводная версия с двумя типами платформ, грузоподъемность которых составит до 5 европаллет.

"УАЗ Профи" в комплектации "Стандарт" будет оснащен системой ABS+EBD, подушкой безопасности водителя, электростеклоподъемниками, салонным фильтром, центральным замком, боковыми зеркалами с обогревом и электрорегулировкой.

Комплектация "Комфорт" предлагает своим клиентам повышенный уровень комфорта и включает в себя кондиционер, охранную сигнализацию с дистанционно-управляемым центральным замком, противотуманные фары, регулировки сиденья водителя по высоте подушки и поясничному подпору, аудиосистему (MP3\USB) с двумя динамиками, зимний пакет с электрообогревом лобового стекла по всему периметру, подогревом сидений, аккумулятором повышенной емкости 75А.

На выбор потребителей будут предложены такие дополнительные опции как: блокировка заднего дифференциала, зимний пакет (для комплектации "Стандарт"), система помощи при парковке, современная мультимедийная система с семидюймовым интерактивным экраном и возможностью интеграции навигационной системы.

Группа ГАЗ: "ГАЗели NEXT" стало больше!

"Группа ГАЗ" показала на выставке "Комтранс-2017" новую линейку коммерческих автомобилей "ГАЗель NEXT 4,6" с повышенной грузоподъемностью и увеличенным объемом кузова. На выставке представлены три модели новой линейки: бортовой автомобиль, микроавтобус и электробус. Основные конструктивные отличия автомобилей – новый задний мост и тормозная система с дисковыми тормозами на всех колесах.

По сравнению с действующей линейкой "ГАЗель NEXT" (полной массой 3,5 т) новая модель отличается повышенной с 1,5 до 2,62 т грузоподъемностью, увеличенным объемом кузова и бортовой платформы, улучшенной эргономичностью, более высоким уровнем активной безопасности.

Конструктивные отличия "ГАЗель NEXT 4,6" – новый задний мост типа "спайсер", тормозная система с дисковыми тормозными механизмами на всех колесах и с системами ABS и ESP, увеличенная ширина бортовой платформы (на бортовой модификации), увеличенная на 700 мм длина кузова (на фургонах и микроавтобусах).

На платформе "ГАЗель NEXT 4,6" будет выпускаться полная линейка коммерческих автомобилей: бортовые автомобили с однорядной и двухрядной кабинами, шасси под специальные надстройки, грузовой фургон с объемом кузова 15,5 м^3 и фургон-комби, а также несколько моделей микроавтобусов.

Электробус на платформе "ГАЗель NEXT 4,6"

Бортовой автомобиль "ГАЗель NEXT 4,6" – это предсерийный образец. Продажи этой модели начнутся в первом квартале 2018 г. Автомобиль будет оснащаться бортами, изготовленными из алюминия или из катаного стального профиля, прошедшего катафорезное грунтование, с минимальным количеством сварных соединений. Это обеспечивает высокую коррозионную стойкость кузова.

Представленный на выставке образец автомобиля укомплектован механической шестиступенчатой коробкой передач с возможностью передачи крутящего момента до 490 Нм. Это новая разработка инженерного центра "Группы ГАЗ", которая в настоящее время проходит испытания в составе автомобиля и будет внедрена в производство в начале 2019 г. Применение шести передач и нового ряда передаточных чисел позволит значительно улучшить тягово-скоростные и топливно-экономические свойства автомобиля.

Микроавтобус "ГАЗель NEXT 4,6" отличается не только повышенной грузоподъемностью, но и удлиненной до 3950 мм колесной базой. Возросший объем кузова позволил увеличить пассажировместимость микроавтобуса до 20 чел. На автомобиль установлена автоматическая коробка передач производства французской компании Punch Powerglide. Безразрывная передача крутящего момента на автоматическую КП позволяет обеспечить плавное движение автомобиля и высокий уровень комфорта для пассажиров.

Третья модель, созданная на платформе "ГАЗель NEXT 4,6" – электробус с низким уровнем пола, рассчитанный на перевозку 22 пассажиров.

Платформа "ГАЗель NEXT 4,6" вобрала в себя все преимущества конструкции автомобиля "ГАЗель NEXT 3,5", который выпускается с 2013 г. и является самой популярной моделью на российском рынке коммерческих автомобилей. Это прочная двухрычажная независимая передняя подвеска, просторная и удобная кабина водителя, высокоинформативное реечное рулевое управление, усиленная рама и модернизированная задняя подвеска.

КАМАЗ: новый грузовик и электробус

5 сентября в рамках выставки "Комтранс-2017" генеральный директор ПАО "КАМАЗ" Сергей Когогин презентовал новейший грузовик КАМАЗ-54901 с кабиной К5. Долгожданная новинка была представлена в ходе его пресс-конференции.

Этот грузовик – один из главных проектов компании, за которым – будущее. Главное достоинство магистральных тягачей нового поколения – улучшенная эргономика, современные узлы и агрегаты, стильный дизайн.

Новый седельный тягач КАМАЗ-54901

Отдельного внимания заслуживает кабина, которая отвечает всем последним требованиям: расстояние в кабине от пола до потолка – 1980 мм, а внутренняя ширина – 2270 мм. При ее создании была сделана ставка на удобство и комфорт водителя. Органы управления и панель приборов с доступом на расстоянии вытянутой руки, сидение с широким диапазоном регулировок, два спальных места и бортовая информационная система с 10-дюймовым сенсорным экраном – все это обеспечивает водителю высокий комфорт. Благодаря большим ступенькам и ручкам, очистка ветрового стекла становится простой и безопасной. Противотуманные фары с фонарями освещения поворотов (или без них) встроены в бампер. Новые современные материалы, наряду с элегантными цветовыми схемами, в сочетании с высочайшим качеством изготовления и сборки подняли интерьер и экстерьер кабины на новый уровень.

Грузовик КАМАЗ-54901 оснащен новой автоматизированной коробкой передач ZF Traxon и двигателем совершенно нового типа – рядным Р6. Мотор соответствует лучшим мировым аналогам в своем классе и имеет высокий потенциал дальнейшего развития потребительских характеристик. Рама автомобиля – из легких высокопрочных сталей, передняя ось – с увеличенной нагрузкой до 9 т и необслуживаемой ступичной частью, установлены экономичные и "тихие" гипоидные мосты с передаточным отношением от 2,5 до 3,07, также увеличена емкость топливных баков (один бак на 700 л либо два бака на 1200 л).

Электробус КАМАЗ второго поколения

Кроме главной премьеры КАМАЗ показал на своем стенде электробус и станцию для его зарядки. Электробус с быстрой подзарядкой на маршруте, оснащенный литий-титанатными аккумуляторными батареями, считается самым экологически безопасным видом современного общественного транспорта, так как при производстве компактных, но мощных аккумуляторов, выделяется минимальное количество CO_2. Максимальный запас хода электробуса – 70 км. Транспортное средство, оснащенное таким накопителем, может работать даже в сложных погодных условиях, поскольку подзарядка аккумуляторной батареи осуществляется при температуре от –40 °С без дополнительных систем подогрева. Таким образом, электробус может перевозить пассажиров круглый год. На подзарядку, которая проводится на конечных станциях маршрута или в депо, требуется всего 6–20 мин, что в 20 раз меньше среднего времени зарядки предыдущего поколения батарей. Срок службы LTO аккумулятора – 20 тыс. циклов полного заряда/разряда. Помимо этого, новый электробус отличается от своих предшественников видоизмененным просторным салоном – в нем отсутствует шахта моторного отсека, что позволило увеличить общее количество посадочных мест. Он также адаптирован для маломобильной категории граждан, оборудован видеокамерами и спутниковой навигацией. Техника уже прошла полный цикл сертификации и соответствует требованиям безопасности Таможенного союза. Станция ультрабыстрой зарядки выполнена в компактном едином блоке и способна работать как от сети переменного тока, так и от сети постоянного тока при температуре от –40 °С.

Также на камазовском стенде были представлены новейшие грузовые автомобили КАМАЗ перспективного семейства: КАМАЗ-5490 NEO и его газодизельная модификация, КАМАЗ-54909 с подключаемым передним гидроприводом колес, гибридный автомобиль КАМАЗ-65208 с мусоровозной надстройкой и др.

VOLGOBUS: две новинки

Один из лидеров российского машиностроения – компания "Волгабас" – в рамках крупнейшей выставки коммерческого транспорта "Комтранс-2017" презентовала два новых автобуса из перспективного модельного ряда – междугородный "Марафон" и газомоторный "СитиРитм-10CNG2".

Серийное производство машин планируется запустить в начале 2018 г. сразу на двух площадках – в г. Волжском (Волгоградская обл.), а также на новом высокотехнологичном производственном комплексе во Владимирской области.

Новые модели на выставке представил генеральный директор ООО "Волгабас Волжский" Анатолий Бакулин. Он рассказал: "При проектировании перспективного модельного ряда 2017–2018 гг. главными для нас стали вопросы максимального комфорта и безопасности пассажиров. Обе машины разработаны так, чтобы сделать удобными поездки всех пассажиров, в том числе людей с ограниченными физическими возможностями".

"Мы учли потребности рынка и максимально расширили возможности комплектации, – продолжил Анатолий Бакулин. – На выбор предлагаются разные варианты ДВС, подвески, коробки

Городской автобус "СитиРитм-10 CNG" на газомоторном топливе

передач, дополнительного оборудования. Таким образом, клиент может получить как доступную базовую версию, так и любые опции в соответствии со своими потребностями".

Модель "Марафон" предназначена для междугородных перевозок и доступна в двух комплектациях – с лифтом для подъема колясок и без. В первом случае вместимость автобуса составляет 47 пассажиров, без лифта количество посадочных мест увеличивается до 53. В машинах могут быть установлены двигатели ведущих международных производителей MAN, Mercedes-Benz и Yuchai мощностью от 280 до 300 л.с., а внутри комфортабельного салона предусмотрена система кондиционирования.

Городской полунизкопольный газомоторный автобус "СитиРитм-10 CNG" способен вместить до 65 чел. и также оснащен специальным оборудованием для перевозки инвалидов-колясочников. Двигатель соответствует стандарту качества "Евро-5". На выставке представлен газомоторный вариант, но автобус выпускается также с дизельным двигателем. Главное преимущество автобуса – выгодная цена и низкая стоимость владения за счет экономичного потребления топлива. Автобус подходит для городских маршрутов с небольшими пассажиропотоками, а также в качестве замены машин большого класса на период снижения загрузки транспорта (в дневное рабочее время).

МАЗ: автобус большого класса и три новых грузовика

Минский автомобильный завод показал на выставке "Комтранс-2017" четыре новинки: автобус большого класса, в котором установлен специальный лифт для инвалидов-колясочников, трехосный седельный тягач, автопоезд в составе двухосного седельного тягача и изотермического полуприцепа и среднетоннажный бортовой автомобиль.

Большой интерес для потребителей представляет собой вместительный автобус МАЗ-231185 для междугородних и пригородных перевозок, который оснащен подъемником для инвалидов-колясочников. Новинка может найти применение на пригородных маршрутах в СНГ и некоторых странах Европы.

Автобус вмещает до 87 чел., причем количество сидячих и стоячих мест примерно одинаковое. Так, в салоне установлено 47 сидений, в том числе два откидных. Предусмотрено и отдельное место для человека в инвалидной коляске. Еще один атрибут безбарьерной среды – специальный лифт для людей с физическими особенностями. Комфортный микроклимат в салоне обеспечит климатическая установка Eberspacher.

МАЗ-231185 выделяется большими для своего класса размерами: длина – 12 м, ширина – 2,55 м. Высота незначительно превышает 3 м. 18-тонную машину разгоняет немецкий двигатель от Daimler, который дополняет автоматическая коробка передач от Allison. Предельная скорость ограничена электроникой на отметке 100 км/ч.

В автобусе может быть установлена светодиодная оптика. Она не только добавляет ярких штрихов экстерьеру, но и обладает повышенной светоотдачей при меньшем потреблении тока, долговечностью и высокой защитой от пыли и влаги.

"Новый автобус повысит позиции Минского автозавода в сегменте автотехники для пригородных и междугородних сообщений. Он особенно эффективен на длинных маршрутах с интенсивным пассажиропотоком. По сути, мы создали один из лучших автобусов, который практически не имеет конкурентов в соотношении цены и качества на постсоветском пространстве", – отметили на предприятии.

На выставке "Комтранс-2017" также представлен автопоезд в составе седельного тягача МАЗ-5440С9-520-031 и полуприцепа МАЗ-Купава 930011. Он предназначен для международных перевозок различных тарных грузов на дальние расстояния. Тягач оснащен шестицилиндровым двигателем экологического класса "Евро-5" с системой SCR (Selective Catalytic Reduction), созданным Ярославским моторным заводом. Среди преимуществ двигателя – улучшенная топливная экономичность, меньшая теплонагруженность, и как следствие – выше ресурс, увеличенный интервал замены масла.

Автомобиль получил новый интерьер с более просторным верхним спальным местом. Для обивки используется износостойкий материал бежевых тонов. Изменения коснулись и панели приборов, которая изготовлена в серых тонах: установлен новый щиток приборов с бортовым компьютером увеличенной диагонали, а также новые дефлекторы и кнопки. В центральной части – столик с двумя подстаканниками и нишей для хранения различных принадлежностей. Над ветровым стеклом предусмотрена противосолнечная шторка с электроприводом, на водительской двери – шторка с механическим приводом.

Тягач работает в сцепке с изотермическим полуприцепом МАЗ-Купава 930011 на шасси МАЗ-97585. Его грузоподъемность составляет 26 т, объем кузова – 85 м^3.

Еще одной новинкой стал седельный тягач МАЗ-643029-1420-012 с колесной формулой 6×4. Его отличают усиленная задняя подвеска (26 000 кг). Нагрузка на седельно-сцепное устройство составляет 22 550 кг, что позволяет буксировать полуприцепы в составе автопоезда полной массой до 65 т. На автомобиле установлен двигатель Weichei Power WP12.430 мощностью 430 л.с. Предусмотрены комплектации для работы как с бортовыми, так и с самосвальными полуприцепами.

Новинка Минского автомобильного завода – среднетоннажный бортовой автомобиль 4×2 МАЗ-4381СО на шинах размерности 245/70R19.5. По сути, это "развозной" автомобиль, предназначенный для работы в городских условиях. Что важно, он не подпадает под систему оплат российской системы взимания платы с грузовиков "Платон", поскольку его полная масса составляет 12 т. Для сокращения времени на погрузочно-разгрузочные работы на МАЗ-4381СО установлена бортовая платформа шторного типа объемом 38,9 м^3 . (Ее внутренняя длина – 6150 мм, что позволяет вместить 14 европоддонов).

На автомобиле установлен новый двигатель ЯМЗ-534 экологического класса 5 с шестиступенчатой коробкой передач ZF 6S800TO.

Особенностью интерьера кабины МАЗ-4381СО является наличие противосолнечной шторки с электроприводом. Для комфорта водителя в кабине также установлен независимый воздушный отопитель.

На представленных автомобилях предусмотрена возможность установки электропривода зеркал, электростеклоподъемников, шторки с электроприводом, центрального замка, кондиционера, круиз-контроля, системы курсовой устойчивости, а также системы экстренного вызова оперативных служб.

Isuzu: сохраняя лидерство

Компания "Исузу Рус" представила первый сертификационный образец нового автомобиля с газовым двигателем на малотоннажном шасси Isuzu NPR82/CNG. Премьера состоялась в рамках выставки коммерческого автотранспорта "Комтранс–2017". Во втором квартале 2018 г. планируется старт производства первой партии автомобилей, с июля того же года начнутся продажи через дилерскую сеть Isuzu.

Новая модель будет выпускаться на производственных мощностях "Исузу Рус" в Ульяновске. Автомобиль получит полностью оригинальную заводскую конструкцию с газобалонным оборудованием (ГБО) и гарантию Isuzu (200 тыс. км пробега или 3 года). Сборка будет осуществляться по японской технологии с высокими стандартами качества.

Автомобиль на шасси Isuzu NPR82/CNG станет первой моделью в линейке Isuzu, на которую газобалонное оборудование будет установлено в заводских условиях. В соответствии с требованием законодательства РФ обеспечивается соответствие новой техники экологическому стандарту "Евро-5". Ранее шасси Isuzu NPR82/CNG не было представлено в России и производилось для нужд японского рынка, а также рынков ряда других стран, в частности Австралии.

"У автомобилей с газовыми двигателями огромный коммерческий потенциал, реализовать который в полной мере мешает отсутствие газозаправочных станций, – комментирует операционный директор АО "Исузу Рус" Игорь Давыдов. – Однако уже сегодня проекты по их созданию обретают реальность: с семью субъектами РФ подписаны соглашения о развитии заправочной инфраструктуры на срок до 2018–2020 гг. Мы понимаем, что распространение нашей новой модели газового авто на федеральном уровне будет привязано к наличию заправок. В связи с этим целевые регионы для нас в среднесрочной перспективе – это Урал, Южный, Северо-Кавказский и Приволжский федеральные округа, а также Москва и Санкт-Петербург, где газозаправочная инфраструктура развита лучше всего".

В стандартную комплектацию газового авто на шасси Isuzu NPR82/CNG входит: подогрев зеркал заднего вида, моторный тормоз-замедлитель (горный тормоз), стабилизатор поперечной устойчивости передней оси, противотуманные фары, дневные ходовые огни, складные рычаги стояночного тормоза и КП, двери кабины с углом открывания 90 град., полная обшивка интерьера кабины, тканевые сидения. В качестве дополнительных опций можно заказать кондиционер, электрические стеклоподъемники, центральный замок и другие опции комфорта.

Продолжение следует.

ECOGAS СТАНЕТ ОБЩЕДОСТУПНЫМ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

На вопросы журнала отвечает Председатель Правления – генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Михаил Лихачев.

– Михаил Владимирович, ваша компания работает над развитием российского рынка газомоторного топлива. Какова значимость этой работы и нужна ли она вообще?

– Значимость этой работы очень высокая – в стране фактически нужно создать новую отрасль. Ряд проблем препятствовал развитию рынка газомоторного топлива: полностью устаревшая законодательная база, неразвитая и разрозненная инфраструктура с концентрацией в отдельных регионах, мизерное количество транспорта на метане. Но самое неприятное, с чем мы столкнулись, – это абсолютное отсутствие понимания у потребителей и участников рынка ключевых ценностей природного газа как моторного топлива.

Что мы сделали за три года своей деятельности? Первое – консолидировали газозаправочные активы Группы "Газпром". На данный момент в нашей собственности находятся 162 автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), два комплекса сжижения природного газа в Калининграде и Петергофе, а также Московский газоперерабатывающий завод.

Второе – оценили существующую инфраструктуру и создали порядка 50 новых газозаправочных объектов с перспективой объединения локальных рынков в единую федеральную сеть АГНКС под брендом "Газпром".

Третье – организовали работу по совершенствованию нормативно-правового и нормативно-технического регулирования: отменено государственное регулирование ценообразования на компримированный природный газ (КПГ), снижен класс опасности АГНКС и многое другое.

Михаил Лихачев, генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо"

Но самое главное – мы сформулировали и развиваем новую культуру потребления природного газа в качестве автомобильного топлива. Для этого зарегистрирован товарный знак EcoGas, стилистика которого указывает на его экологические и экономические преимущества.

– Какую роль в деятельности компании играет Газпромбанк?

– 50%-ная доля в уставном капитале ООО "Газпром газомоторное топливо" принадлежит ООО "Статус", которое является 100%-ным дочерним обществом Газпромбанка.

– Как изменился рынок газомоторного топлива в России за последние три года?

– За последние три года ежегодный рост реализации природного газа составляет 8–11 %.

На данный момент в собственности "Газпрома" находятся 162 автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС)

Губернатор Курганской области Алексей Кокорин, Председатель Совета директоров ПАО "Газпром" Виктор Зубков и Генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Михаил Лихачев торжественно открывают пятую АГНКС в Курганской области

В 2016 г. через сеть АГНКС "Газпром" продано 480 млн м^3 газа, из них 94 млн м^3 – собственная реализация "Газпром газомоторное топливо".

– Как изменилось законодательство, касающееся газомоторной отрасли? Какие изменения еще требуется внести?

– За последние три года совместно с федеральными органами власти проведена большая работа по совершенствованию нормативного регулирования и заложены основы для развития рынка. Так, были разработаны механизмы субсидирования производителей техники, работающей на природном газе. Правительством утвержден Комплексный план мероприятий по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива, целевые показатели по развитию рынка газомоторного топлива включены в государственную программу Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики" и в подпрограмму "Перевод автомобильного, железнодорожного, авиационного, морского и речного транспорта на использование газомоторного топлива" государственной программы Российской Федерации "Развитие транспортной системы".

Также разработан проект отдельной государственной программы по переводу транспорта на газомоторное топливо, актуализированы требования пожарной и промышленной безопасности, санитарные требования к объектам производства и потребления газомоторного топлива, постановлением Правительства Российской Федерации отменено государственное регулирование цен на КПГ.

Также в этом году Президентом Российской Федерации утверждены изменения в законодательстве о промышленной безопасности опасных производственных объектов, предусматривающие перевод АГНКС из третьего в четвертый класс опасности, что позволит сократить сроки ввода новых объектов и снизить издержки при эксплуатации действующих АГНКС. Также Президентом в марте подписан Федеральный закон № 36-ФЗ, позволяющий заключать энергосервисные контракты в отношении сжиженного природного газа (СПГ).

Необходимым и очень важным этапом совершенствования

Автомобильный транспорт на компримированном природном газе

Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) в Казани

нормативного регулирования газомоторной отрасли является разработка и утверждение национального стандарта, содержащего актуальную, полную и общеобязательную терминологическую базу в области газомоторного топлива и отражающего систему понятий в области газомоторного бизнеса по всему его жизненному циклу. Единый национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 57433–2017 "Использование природного газа в качестве моторного топлива. Термины и определения" утвержден 31 марта 2017 г. и вступил в действие с 1 сентября 2017 г.

В настоящее время продолжается работа по рассмотрению и согласованию проекта "Свод правил "Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности".

Важнейшим этапом для газомоторной отрасли является принятие базового программного документа – государственной программы Российской Федерации "Внедрение газомоторной техники с разделением на отдельные программы по автомобильному, железнодорожному, морскому, речному, авиационному транспорту и технике специального назначения", рассчитанной на период 2018–2022 гг. В настоящее время проводится доработка и согласование проекта данной госпрограммы.

– Какими мощностями обладает компания сегодня?

– По состоянию на 1 июля 2017 г. общая производительность газозаправочной инфраструктуры "Газпром газомоторное топливо" составляет 2 млрд м^3 природного газа в год. Однако от этого объема рынком пока востребована лишь четверть. Потенциал – огромный!

– Планируется реконструкция?

– Да, разработана программа реконструкции выкупленных объектов Группы "Газпром" с различными вариантами изменения облика приобретенного объекта – от частичной модернизации до полной реконструкции. Модернизация предполагает замену оборудования на более современное, реконструкция объекта – полную перестройку с заменой оборудования и изменением облика станции под фирменный стиль сети АГНКС "Газпром". Выбор формата зависит от технического состояния объекта, безопасности эксплуатации и потребности в повышении производительности. Однако важно участие других игроков – государства, бизнеса и, главное, автопрома.

Бизнес видит перспективу, государство стимулирует потребителей, однако сегодня серьезно буксует автопром – темпы роста метанового автопарка, мягко говоря, слабые. Для обеспечения нормального уровня загрузки газозаправочной сети "Газпрома" объем выпуска газомоторной техники должен составлять не менее 25–30 тыс. ед. в год в течение ближайших 5 лет. Сейчас их выпускается от силы 3–5 тыс. в год. Работа с автопроизводителями, безусловно, ведется, но достаточно медленно. Группа ГАЗ, КАМАЗ – лидеры в сегменте грузового и легкого коммерческого транспорта, АВТОВАЗ анонсировал запуск производства первого серийного легкового автомобиля LADA Vesta CNG, ведется работа по запуску серийных метановых автомобилей Granta и Largus.

В ближайшее время должна быть создана критическая масса автомобилей – не менее полумиллиона единиц без учета выбытия. Сейчас газомоторный автопарк составляет порядка 150 тыс. ед. техники.

– Раньше назывались другие данные, гораздо меньше – около 106 тыс. Количество так выросло за последние пару лет?

– Раньше назывались оценочные данные. Но в 2016 году МВД России по поручению Минэнерго России провело подсчет количества транспорта с оборудованием для природного газа, поставленного на учет.

– Вы сказали о том, что бизнес видит перспективы перехода на природный газ. Коммерческий сектор распробовал его преимущества?

– Интерес бизнеса подтвержден чистым экономическим расчетом. Его интересует снижение топливных затрат. Природный газ обеспечивает их снижение в 2–3 раза. Сейчас активно переходят на EcoGas службы такси. Экологичные таксопарки появились в Тольятти, Томске, Саратове. При таких больших пробегах экономия на топливе не просто перекрывает стоимость переоборудования автомобиля на газ (даже с учетом дополнительных расходов на регистрацию, которые возникли после принятия новых норм Техрегламента) – за 2–3 года окупается стоимость всего автомобиля!

Кроме того, мы поддерживаем бизнес маркетинговыми программами: у нас есть ряд предложений для юридических и физических лиц, благодаря которым переход на природный газ становится проще и комфортнее. Мы предлагаем частично возместить расходы на переоборудование, предлагаем газовое оборудование в аренду или дарим топливные карты – стараемся максимально поддержать тех, кто делает свой выбор в пользу природного газа.

В сотрудничестве с нами переводят на EcoGas корпоративный транспорт крупные федеральные компании. В этом году начинает переоборудование своего транспорта "Почта России". До 2020 г. более 1000 ед. техники будет работать на природном газе. Также мы подписали соглашения о переводе корпоративного транспорта на природный газ с ПАО "КАМАЗ" и др.

С учетом собственных запасов природного газа потенциал российского рынка огромен. Да, многое зависит от инфраструктуры, но повторюсь – огромная роль принадлежит автопрому, который должен поверить в рынок и активно продавать транспорт на природном газе.

Необходимо работать синхронно: расширять газозаправочную сеть и одновременно увеличивать парк техники на природном газе. Синхронизация – задача номер один.

С технической точки зрения у автопроизводителей ограничений нет. Современный двигатель отлично работает на газе, октановое число которого превышает 105.

Энергоэффективность природного газа совершенно очевидна.

Драйвером развития в использовании природного газа в разных сегментах транспорта – автомобильного, железнодорожного, морского, речного и воздушного – станет реализация государственной программы "Расширение использования природного газа в качестве моторного топлива". Программа прошла общественное обсуждение и в настоящее время проходит оценку в Минэкономразвития России. На реализацию программы развития рынка газомоторного топлива с учетом средств регионов и компаний планируется выделить 769,6 млрд руб., в том числе из федерального бюджета – 163 млрд руб., половина из которых пойдет на субсидирование производителей газомоторных транспортных средств.

– Как развиваете бренд EcoGas?

– По решению Совета директоров компании в 2017 г. мы реализуем программу развития бренда EcoGas. В рамках программы мы поддержали крупнейшие международные и отечественные спортивные мероприятия: Кубок Конфедераций – 2017, а также спортивные беговые марафоны в Казани и Санкт-Петербурге – ключевых регионах нашего присутствия.

В рамках транспортного обеспечения Кубка Конфедераций болельщиков перевозили автобусы на природном газе EcoGas. Мы рассказали про EcoGas болельщикам на стадионах в рамках выставочных стендов "Газпрома" в Казани, Сочи, Москве и Санкт-Петербурге. Кроме того, команда "Газпром газомоторное топливо" приняла участие в марафонских забегах на дистанции 10 км в Казани и Санкт-Петербурге.

– Как обстоят дела с сегментом СПГ?

– Наша компания определена центром ответственности от ПАО "Газпром" по использованию СПГ в качестве моторного топлива. В конце февраля между ПАО "Газпром" и ГК "Автодор" подписано соглашение о сотрудничестве в области развития придорожной инфраструктуры, в частности о создании сети многотопливных автозаправочных станций, в том числе заправок КПГ и СПГ. В рамках первого этапа планируется реализация пилотных проектов на трассе М-11 и ЦКАД. Этим проектом мы запускаем работу по созданию международного транспортного коридора Европа – Западный Китай.

Также Советом директоров "Газпром газомоторное топливо" утвержден план размещения газозаправочной инфраструктуры на федеральной трассе М-10 Москва – Санкт-Петербург. В соответствии с документом до 2020 г. планируется строительство восьми криоАЗС "Газпром". Проект реализуется в рамках соглашения, подписанного с Федеральным дорожным агентством (Росавтодор).

Торжественный ввод в эксплуатацию новых объектов сети АГНКС

Совместно с ПАО "КАМАЗ" и Группой ГАЗ пройдена сертификация и получен ОТТС на СПГ-автомобили "КАМАЗ" и "УРАЛ". В настоящее время в дочерних обществах ПАО "Газпром" проводится их опытно-промышленная эксплуатация. Все эти проекты позволяют развивать компетенции компании на рынке малотоннажного СПГ.

– Как развиваются зарубежные проекты компании?

– Ключевые проекты компании реализуются во Вьетнаме и КНР, а также прорабатываются проекты в Беларуси, Боливии и ряде других стран. В рамках реализации проекта во Вьетнаме в 2016 г. в Хошимине открыт офис совместной компании PVGAZPROM NGV. Компания получила статус оператора по развитию рынка газомоторного топлива на всей территории Вьетнама. В настоящее время завершены исследования рынка в рамках обновления ТЭО проекта, также ведется проработка пилотного проекта – строительства малотоннажного КСПГ мощностью до 20 млн м^3.

В целях реализации проекта строительства комплекса малотоннажного производства СПГ на территории Республики Беларусь подписано соглашение с ОАО "Газпром трансгаз Беларусь" о создании совместного предприятия. Подготовлено ТЭО проекта, разрабатывается предпроектная документация по строительству КСПГ в городе Кобрин.

Сотрудничество с Китаем ведется в рамках совместной рабочей группы ПАО "Газпром" и Китайской национальной нефтегазовой корпорации в области использования природного газа в качестве моторного топлива на международном транспортном маршруте Европа – Китай. Сторонами определен потенциал рынка, а также возможные места размещения производственно-сбытовой инфраструктуры.

В рамках сотрудничества с Боливией в 2016 г. компания провела переговоры с представителями боливийской компании YPFB по вопросу развития производственно-сбытовой инфраструктуры газомоторного топлива в Боливии. Для определения возможности дальнейшей реализации проекта боливийской стороной проводятся испытания газомоторного тягача КАМАЗ-5490 в условиях высокогорной местности.

– Какие планы у компании?

– Мы продолжаем работу по расширению газозаправочной сети. В инвестиционной программе на 2017 г. – реализация 25 проектов, в том числе модернизация КСПГ в Калининграде. В целом наша цель – создать газозаправочную сеть из 500 объектов.

– Как в стратегии развития компании учитывается развитие газомоторного направления в самом "Газпроме"? Будут ли строиться новые АГНКС около производственных предприятий "Газпрома" с крупными автопарками?

– В 2016 г. в ПАО "Газпром" утверждена программа по созданию заправочной инфраструктуры на промышленных площадках дочерних обществ ПАО "Газпром" на период 2017–2019 гг., предусматривающая установку 100 блоков компримирования природного газа для нужд собственного транспорта.

26 "дочек". Сегодня "Газпрому" принадлежит самый крупный парк корпоративной техники на природном газе – 28 % от общей доли транспорта, пригодного к переводу на экологичное топливо.

По прогнозам Министерства энергетики РФ, к 2020 г. потребление природного газа в качестве моторного топлива вырастет до 1,26 млрд м^3, а количество транспортных средств – до 370 тыс. ед. Уверен, что через 2–3 года EcoGas станет общедоступным автомобильным топливом.

Беседу вел Александр Фролов

МЕТАНОВЫЙ MERCEDES-BENZ SPRINTER

А.А. Филиппов

Сегодня мы будем говорить о метановом Mercedes-Benz Sprinter. Хотелось бы ответить на некоторые вопросы, которыми нас порой озадачивали на заправках как операторы, так и просто коллеги по автомобилям на природном газе.

Начнем с вопроса всех, кто метан не использует: "А зачем?". Наша доходящая до абсурда гонка за ужесточение требований к экологичности автомобилей просто заставляет искать какие-то выходы. Ну не душить же в самом деле двигатели, как это многие делают? И один из них – альтернативные виды топлива. Природный газ метан полностью удовлетворяет этим требованиям. Вторым фактором является дешевизна природного газа, даже относительно его коллеги-конкурента, пропана.

Ну и не последнюю очередь в стремлении вывести на рынок автомобили на сжатом газе метане, является энергетическая программа государства по субсидированию энергоэффективных проектов и программ.

Не раз приходилось слышать, что газ убивает двигатель. Может при самопальной установке так оно и есть, вот только Mercedes-Benz Sprinter B 316 NGT, это не частная переделка.

Благодаря термодинамическим расчетам определились необходимые меры по сохранению ресурса и мощности двигателя на уровне бензиновых аналогов. Были усиленные клапанные седла и опорные шайбы с маслосъемным кольцами. Применение компрессора в системе впуска двигателя, позволило получить оптимальную топливовоздушную смесь, что особенно актуально во время холодного пуска двигателя. В результате удалось добиться идентичности мощностных характеристик двигателей, работающих на бензине и на газе.

Судя по испытаниям, проводимым специалистами концерна Daimler AG, использование метана в качестве топлива, совершенно не сокращает ресурса двигателя. Более того, топливо, поступая в камеру сгорания в виде газа, сохраняет масляную пленку на стенках цилиндра. К тому же отсутствуют нагар и сажа, что в некоторых режимах, наоборот, способствует увеличению рабочего ресурса.

Отличить газовый Mercedes-Benz Sprinter от бензинового практически невозможно

Кстати, никакого сокращения периодичности проведения ТО для NGT не происходит, а значит и опасаться нечего.

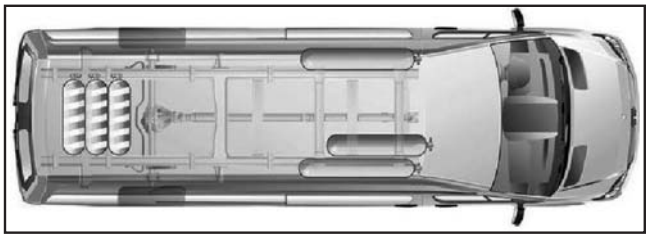
Что же касается экономичности, то природный газ обладает самой большой энергоемкостью по сравнению с бензином или соляркой, а также имеет октановое число в районе 125, что позволяет использовать его в двигателях с высокой степенью сжатия и, соответственно, с существенным ростом КПД.

Производители заявляют пробег на полной заправке газом – 330 км. Уверяю вас – это не так. Вернее так, но не совсем. Такой километраж автомобиль пройдет при самом плохом раскладе – неровный режим движения, заниженное рабочее давление компрессора на АГНКС, повышенный скоростной режим. В идеале метана хватает на 400 км, при стрелке спидометра удерживаемой на отметке 95 км/ч. И это на "автомате". С учетом выигрыша в стоимости на 50 % у бензина и на 30 % у дизтоплива комментировать что-то еще, наверное, излишне.

Подводя итог вышесказанному, замечу, что в данный момент установка газового оборудования повышает стоимость базового автомобиля Sprinter в среднем на 20 %. При этом грузоподъемность в среднем уменьшается на 150 кг.

Угадать, что двигатель работает как на бензине, так и на газу, навскидку практически невоз-

Заправочные горловины спрятались под одним лючком



Дополнительно баллоны расположили поперечно в заднем свесе

можно. Заправочные горловины спрятались под одним лючком. Просто и удобно. Подъезд к колонке как на АЗС, так и на АГНКС с одной и той же стороны.

Поможем немного разобраться и с любимым вопросом заправщиков: "Сколько у вас баллонов и какие?". Лично меня это всегда озадачивало. Если их количество я, конечно же, мог назвать, то угадать литраж каждого из них однозначно был не в состоянии.

Итак, общее количество емкостей для газа – шесть штук. Три из них – это стандартные баллоны, устанавливаемые на все автомобили версии NGT. Их легко опознать по способу размещения, так как они органично вписаны в архитектуру подпольного пространства. 48-литровый занял место вдоль левого борта с внешней стороны топливного бака. 42-литровый практически симметрично ему с правого борта и рядом с ним 34-литровый. Кстати, эта парочка имеет единый защитный поддон сложной формы.

А вот тройку опционных баллонов, не мудрствуя лукаво, расположили поперечно в заднем свесе. Вместимость каждого из них – 28 л. Таким образом, если на вашей машине только стандартные емкости – у вас 124 л, если есть опционные, то уже 208 л. Все баллоны изготовлены из стали, так как даже они стоят недешево, а уж ценник емкостей из композитных материалов и вовсе астрономический.

Предупрежу, что некоторые заправщики любят добить фразой: "Литраж мне не нужен, сколько у вас килограмм входит?", и вот тут вам предстоит выкручиваться самостоятельно, так как в их хитроумных программах есть только отечественные баллоны двух типов, и никакие другие они ввести в компьютер не могут. Странно конечно, но пока это суровая реальность.

Технические характеристики Mercedes-Benz Sprinter 316 NGT

Габариты, мм	5910×1960×2690
Колесная база, мм	3665
Диаметр разворота, м	13,6
Снаряженная масса, кг	2270
Тип двигателя	Битопливный (бензин, метан) L4
Рабочий объем, см^3	1796
Макс. мощность, л.с./об/мин	156/5000
Макс. момент, Нм/об/мин	240/3000–4000
Привод	Задний
Трансмиссия	Автоматическая 5-ступенчатая
Макс. скорость, км/ч	147
Расход бензина (средний), л/100 км	12,1
Расход метана (средний), кг/100 км	8,7

В Москве ввели в эксплуатацию самую мощную АГНКС в стране

В ноябре 2017 г. в Москве на ул. Левобережная введена в эксплуатацию новая АГНКС "Газпрома". Она стала самой мощной станцией в России – ее производительность составила 29,8 млн м^3 газа в год. В 2018 г. планируется завершить строительство еще восьми станций.

В мероприятии приняли участие Председатель Совета директоров ПАО "Газпром" Виктор Зубков, заместитель Министра энергетики Российской Федерации Кирилл Молодцов, заместитель Мэра Москвы в Правительстве Москвы, руководитель Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы Максим Ликсутов, генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Михаил Лихачев.

Участники мероприятия обсудили преимущества использования природного газа в качестве моторного топлива, планы по расширению газозаправочной инфраструктуры "Газпрома" на территории Москвы, увеличению парка городской газомоторной техники.

В свою очередь Правительство Москвы продолжит работу по закупке автобусов и техники ЖКХ в газовом исполнении. Сегодня в столице эксплуатируются 155 газомоторных автобусов. В первом полугодии 2018 г. планируется закупить еще 181 ед. пассажирской техники. С 2018 г. в рамках конкурсных процедур на оказание услуг по перевозке пассажиров коммерческими перевозчиками в Москве предусмотрена корректировка требований к подвижному составу, которая позволит упростить выпуск дополнительного количества газомоторной техники на дороги столицы.

"Москва с ее громадными объемами пассажиропотоков является сегодня одним из самых перспективных рынков газомоторного топлива. Уже в ближайшие годы автопредприятия города смогут повысить экономическую эффективность пассажирских перевозок за счет перевода автотранспорта на газ и снижения расходов на топливо. Позитивно скажется газификация транспорта и на экологической обстановке в городе. Поэтому сотрудничество "Газпрома" и Правительства Москвы в области расширения использования газомоторного топлива необходимо активно развивать", – сказал Виктор Зубков.