AL3K

ЗК.«АвтоГазоЗаправочный Комплекс+

+ Альтернативное топливо»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том 16. № 5. 2017 г.

Издается с января 2002 г.

Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

Зыков С.А., Марков В.А., Крылов В.И. Исследования загрязненности и обводнености дизельного топлива. Часть 2 Зффективность и надежность работы топливной аппаратуры и дизеля в целом в значительной степени зависит от чистоты дизельности топлива. Проведено комплексное экспериментальное исследование загрязненности топлива для дизельных дейжет распорателя (т. Казань). Зат.н. В.А. Марков В.А., Кариллов (Осо "Mull Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Пстербург) акт.н. В.А. Марков в системенной техники. С целью изучения и предестати, г. Казань для интенстории обремет растоя ветоможной системы ватомобиль. Проведены испытания фильтрующий. Токазано, что усовершенствованный фильтрующий элемент имеет ресурс, превышающий ресурс серийного фильтра в 1,62 раза. Пиханов В.А., Лопатин О.П. Газодизельная модификация дизеля 4Ч 11,0/12,5. 221 Рассмотрены вопросы применения природного газа в качестве апьтернативного топлива и снижения томкои-чисти опработавших газов дизеля. Представлены результаты экспериментальных исследований по впиянию природного газа и рециркуляции отработавших газов. Газодизельная модификация дизельных том выбросов оксидов азота) на мощностинных видов нефтяного сырья	СОДЕРЖАНИЕ	Учредитель
Зволюция АГНКС Часть 1. Принципы эффективной АГНКС Эта публикация – начало цикла статей зазомоторной тематики, подоотовленных сотрудникация и питер ОмАВТОМАТКА", для озачающения ширкогого круда чиркого окруда в первой части шкла дается закурс вы ситорию использования газами НТК "ПЕНГРОМАВТОМАТКА", для озачающения ширкого окруда чиркого коруда в первой части шкла дается закурс в историю использования газами на автотравненорте. Проводится сравнения сосбенностей АГНКС проципых лет и соеременных. Даются рекомендации по отпимизации заправки КПГ Зыков С.А., Марков В.А., Крылов В.И. Исследования загрязненности и обводнености дизельного топлива. Часть 2 Зффективность и надежность работы топливной аппаратуры и дизеля в целом в денами ден	НАУКА	
Использование магнитного поля для интенсификации процессов переработки различных видов нефтяного сырья	Эволюция АГНКС Часть 1. Принципы эффективной АГНКС	Главный редактор В.Ф. Третьяков — академик РАИН, д-р хим. наук, профессор Зам. главного редактора А.С. Савченко Председатель редакционного совета В.Ф. Корнюшко — д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки и техники РФ Состав редакционного совета: член-корр. АН РТ Г.С. Дьяконов (Респ. Татарстан, г. Казань) д.т.н. В.А. Марков (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва) д.т.н. Н.Г. Кириллов (ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург) д.т.н. И.М. Коклин (ООО "Газпром Трансгаз Ставрополь") член-корр. НАН Ю.Н. Литвишков (Азербайджан, г. Баку) академик НАН И.И. Лиштван (Беларусь, г. Минск) академик РАЕН С.В. Мещеряков (МИНГП, г. Москва) д.э.н. А.В. Николаенко (МІТУ 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
ИНФОРМАЦИЯ Савченко А.С. Итоги и планы на будущее "ИСУЗУ РУС" 237 13 февраля 2017 г. в Москве состоялась первая пресс-конференция компании Толи компании	переработки различных видов нефтяного сырья	Редактор И.Л. Сильченкова Компьютерная верстка С.А. Жиркина Адрес и телефон редакции: 107076, г. Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Савченко А.С. WTOГИ И ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ "ИСУЗУ РУС" 237 13 февраля 2017 г. в Москве состоялась первая пресс-конференция компании Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.	ИНФОРМАЦИЯ	E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
ты в 2016 г. и озвучили планы на 2017 г. Отпечатано в ООО "Канцлер",	Итоги и планы на будущее "ИСУЗУ РУС"	www.mashin.ru Подписано в печать 27.04.2017 г. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88. Отпечатано в ООО "Канцлер", 150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4.

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

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

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



AUTOGAS FILLING COMPLEX+

Alternative fuel»

AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

Vol. 16. № 5. 2017 г.

Published from January, 2002

Periodicity — monthly

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

CONTENTS

00		
-50.1	ΙFΝ	

SCIENCE	LLC Fublishers filliovative mashinostroenie
Evolution of CNG stations Part 1. Principles of effective NGV filling station	Editor-in-chief V.F. Tretyakov — academician of RAES, doctor of chemical sciences, professor Deputy editor A.S. Savchenko Chairman of the editorial board V.F. Kornyushko — doctor of technical sciences, honored scientist of the Russian Federation The editorial board: corresponding member of the AS RT G.S. D'yaconov (Tatarstan Resp., Kazan) doct. of techn. sc. V.A. Markov (Bauman MSTU, Moscow) doct. of techn. sc. N.G. Kirillov (LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg) doct. of techn. sc. I.M. Koklin (LLC "Gazpom Transgaz Stavropol") corresponding member of the ANAS Yu.N. Litvishkov (Azerbaijan, Baku) academician of the NAS I.I. Lishtvan (Belarus, Minsk) academician of the RANS S.V. Meshcheryakov (MINGP, Moscow) doct. of econom. sc. A.V. Nikolaenko (MSUME, Moscow) O.N. Rumyantseva (LLC "Innovative mashinostroenie" Publishers) doct. of chem. sc. R.M. Talyshinsky
The modern state and perspective areas of the process of desulfurization and dearomatization of diesel fuels have been shown. The options of various wave influences to hydrocarbon feedstock for the purpose of intensification of the treatment processes were considered. It was given the mechanism of magnetic field influence to the molecules of hydrocarbons.	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
INFORMATION	Computer Design
	S.A. Zhirkina
Savchenko A.S. Results and plans for the future "ISUZU RUS"	Address and phone edition: 107076, Moscow, Kolodezniy per., 2a, str. 2 Tel.: 8 (499) 268-41-77 E-mail: info.agzk-at@mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office (directory indexes): "Rospechat" - ind. 84180, "The Russian Press" - ind, 39543, "Mail of Russia" - ind. 10044

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

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

УДК 656.13

ЭВОЛЮЦИЯ АГНКС Часть 1. Принципы эффективной АГНКС

Я.А. Евдокимов, научный сотрудник; **Е.П. Лавров**, начальник проектного отдела, НПК "ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА", г. Санкт-Петербург

Эта публикация — начало цикла статей газомоторной тематики, подготовленных сотрудниками НПК "ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА", для ознакомления широкого круга читателей с особенностями применения природного газа в качестве автомобильного топлива. В первой части цикла дается экскурс в историю использования газомоторного топлива на автотранспорте. Проводится сравнения особенностей АГНКС прошлых лет и современных. Даются рекомендации по оптимизации заправки КПГ.

Ключевые слова: автомобильная газонаполнительная компрессорная станция; компримированный природный газ; проектирование и строительство АГНКС.

EVOLUTION OF CNG STATIONS Part 1. Principles of effective NGV filling station

Evdokimov Ya.A., researcher; **Lavrov E.P.,** head of the design department, LENPROMAUTOMATIC Ltd, St. Petersburg

This publication – the beginning of a series of articles NGV subjects trained employees LENPROMAUTOMATIC Ltd to a wider circle of readers with features of natural gas as a vehicle fuel. In the first part of the cycle we are given insight into the history of the use of motor fuel in road transport. A comparison is made features of CNG stations of yesteryear and today. Recommendations on optimizing filling of the CNG.

Keywords: NGV filling stations; CNG; design and construction of CNG filling stations.

Природный газ как моторное топливо

История умалчивает, кто и когда впервые применил компримированный природный газ (КПГ) на автомобилях. Видимо, это произошло почти одновременно в разных странах в 1930-х гг. (рис. 1, 2).

В Днепропетровской области в 1936 г. обнаружили крупное месторождение газа. К ноябрю 1937 г. построена первая в СССР газонаполнительная станция (рис. 3), тогда же начали выпуск газобаллонных автомобилей.

Планам газификации в Европе помешала война, только во Франции и Италии довольно широко применялся сжатый газ (рис. 4).

Вновь интерес к газомоторному топливу возник в 1980-х гг. Сказался топливный кризис, поднявший цены на нефть. Тогда же была создана между-

народная ассоциация производителей газобаллонных автомобилей (IANGV), разработаны стандарты на автомобильную метановую аппаратуру. А в СССР в 1983 г. была принята программа строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) и газификации транспорта (первая такая программа была принята еще постановлением Совнаркома в 1936 г.).

В 1990—2000 гг. основаны газомоторные ассоциации: Японская в 1991 г., Общеевропейская в 1994 г., Азиатско-Тихоокеанская в 2002 г. и т.д. В России Некоммерческое партнерство "Национальная газомоторная ассоциация" действует с 1999 г. Эти организации призваны содействовать формированию нормативной базы и созданию инфраструктуры для широкого применения газа на транспорте.





Рис. 1. Автомобиль, работающий на газе — продукте разложения соломы, хранящемся под низким давлением. Канада, 1918 г. (из коллекции Western Development Museum, wdm.ca)



Рис. 2. Заправка автомобилей КПГ. 1930-е, Аргентина (с сайта ngyjournal.com)

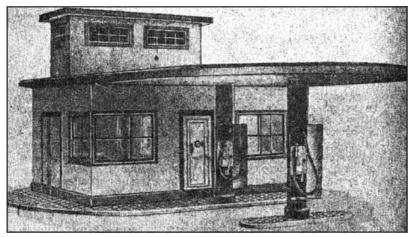


Рис. 3. АГНКС 1930-х в СССР (из книги "Газобаллонные автомобили", 1941 г.)



Рис. 4. Легковой Citroën с газовой аппаратурой. Снимок времен Второй мировой войны

Почему же газ с его давней историей как топлива мало распространен на транспорте? Тому есть несколько причин.

- 1. Метан сложно хранить на автомобиле в нужном количестве. По количеству энергии кубометр газа приблизительно соответствует литру бензина. Хранить 40—50 м³ газа на автомобиле, разумеется, негде. В сжатом виде газ занимает намного меньше места, столитровый баллон вмещает примерно 25 м³.
- 2. Скорость заправки ограничена особенностями течения газа: она ниже, чем у жидкого топлива.
- 3. На АГНКС поступает газ с низким давлением, значит необходимы компрессоры. В газе есть влага и другие примеси, недопустимые для двигателя, поэтому нужны осушка и очистка. Все это делает АГНКС технически сложным объектом.
- 4. Высокое давление и горючесть газа создают повышенную опасность. АГНКС объекты технического регулирования и надзора. Зарубежная нормативная база отличается от российской, поэтому в России сложно использовать иностранную продукцию.



5. Клиент воспринимает АГНКС как заправочную станцию, только с другим топливом. Обычно минимальная денежная единица составляет 1 % от основной (например, 1 р. = 100 к.), и погрешность отпуска и учета топлива должна быть не больше 1 %. Учет по давлению в баллоне при помощи таблиц был недостаточно точен. Только к 1990-м гг. с внедрением кориолисовых расходомеров газозаправочные колонки по точности и скорости заправки приблизились к обычным ТРК.

Советские АГНКС 1980-х гг. предназначались в основном для автохозяйств. Применялся учет заправленного газа по давлению, общая погрешность распределялась по всем автомобилям предприятия. Скорость заправки была малосущественна, так как можно было спланировать работу транспорта и загрузку ближайшей АГНКС с учетом низкой скорости заправки. Технических средств для улучшения характеристик заправки еще не было, и советские АГНКС находились примерно на общемировом уровне. Затем развитие России практически остановилось в 1990-е и ранние 2000-е гг., в то время как мировая практика не стояла на месте и шла по пути повышения удобства для частных потребителей. Судя по материалам зарубежных фирм, а также и по некоторым нормативно-техническим документам, качественный скачок в технологиях заправки газом был сделан около 1995 г. Сейчас России, к сожалению, приходится догонять лидеров.

Оптимизация заправки КПГ

Особенности заправки КПГ

Основное отличие газа от жидкого моторного топлива (ЖМТ) в том, что объем ЖМТ можно считать постоянным, а газ сильно изменяет свой объем в зависимости от температуры.

Автомобильные баллоны со стандартным давлением 20 МПа при температуре $15 \, ^{\circ}\text{C}^{*}$ содержат разную массу газа при разной температуре окружающей среды. С одинаковым давлением при температуре $30 \, ^{\circ}\text{C}$ баллоны будут вмещать на $15 \, \%$ меньше газа, чем при

 $-15\,^{\circ}$ С. Газ при заправке нагревается, это повышает давление и уменьшает массу заправки еще на $10\,\%$. Запас хода транспорта между заправками снижается и становится нестабильным.

Также надо отметить, что время заправки автомобиля газом больше, чем при заправке ЖМТ, что создает дополнительное препятствие к переводу автотранспорта на газ.

Традиционный способ заправки

Традиционно заправка выполняется до заданного давления в баллоне.

При заправке измеряется давление газа, по достижению заданного значения блок управления останавливает заправку. Измерить давление прямо в баллоне невозможно, оно измеряется в заправочном шланге. Оно больше давления в баллоне, перепад пропорционален расходу газа при заправке (рис. 5).

Чтобы обеспечить контроль давления, его ограничение и заправку до заданной величины, перед колонкой устанавливается регулятор, уменьшающий давление и перепад на заправочном устройстве. При этом снижается расход газа, особенно в конце заправки, что заметно увеличивает ее длительность. Именно по такой схеме работают колонки на АГНКС, построенных в 1980-х гг. (рис. 6).

Аккумуляторы газа имеют большой объем и расположены в подземном бетонном бункере. Кроме безопасности, данное решение обеспечивает примерно постоянную температуру газа в течение года.

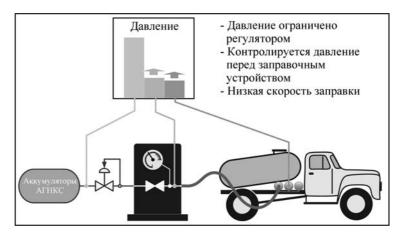


Рис. 5. Типовая схема заправки газом



^{*} В соответствии с ГОСТ Р ИСО 11439—2010 "Газовые баллоны. Баллоны высокого давления для хранения на транспортном средстве природного газа как топлива. Технические условия".

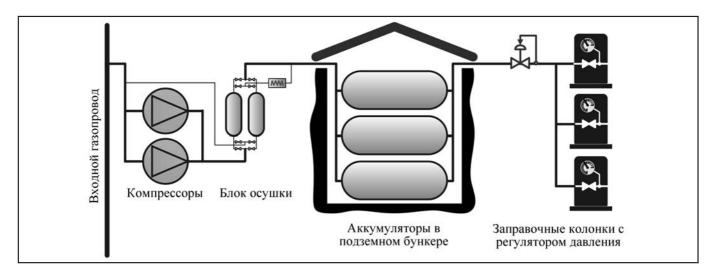


Рис. 6. Структура АГНКС 1980-х гг.

Коммерческий расчет производится с помощью таблиц давления в баллоне, объема баллона и температуры воздуха, то есть без прямого измерения массы проданного газа. Данная схема неплохо сбалансирована с точки зрения безопасности и наполняемости баллонов.

Газ хранится под землей в больших емкостях, сезонные изменения мало влияют на его температуру. В любое время года температура газа в баллонах автомобиля в конце заправки примерно одинакова. Обеспечивается не оптимальная, но довольно стабильная наполняемость баллонов в разное время года.

Однако у этой схемы есть несколько серьезных недостатков:

- регулятор давления ограничивает скорость заправки, он сложен в настройке, дорог и недостаточно надежен;
- происходит недозаправка баллонов из-за их нагрева;
 - неточно оценивается масса проданного газа;
- требуется большая площадь для аккумуляторов, обязателен контроль загазованности в закрытом подземном бункере; большой объем и подземное расположение аккумуляторов усложняют их испытания, проводимые раз в 5 лет.

Как добиться максимально быстрой, полной и безопасной заправки газа в баллоны автомобиля? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим подробнее процесс заправки газа из аккумуляторов АГНКС в баллоны автотранспорта.

Процесс заправки

Газ в баллоне автомобиля нагревается при заправке от резервуара со сжатым газом (аккумулятор). На АГНКС это хорошо известное явление приводит к недозаправке.

Возникает вопрос: в чем причина нагрева баллона, ведь газ охлаждается при расширении, если отсутствует теплообмен? Зачастую на газозаправочных колонках именно из-за этого обмерзают заправочные устройства и клапаны. Почему же газ в баллоне нагревается выше начальной температуры?

При движении через трубопроводы и заправочное устройство газ набирает скорость и расширяется, что вызывает его охлаждение. Затем поток газа тормозится в заправляемом баллоне, заново сжимается и нагревается. Важно, что конечная температура выше, чем температура в аккумуляторах газа, так как избыточная энергия газа переходит в теплоту (рис. 7).

Итак, нагрев обусловлен следующими причинами:

- давление в аккумуляторах выше, чем давление в баллоне, особенно в начале заправки;
- газ быстро проходит путь до баллона, теплообмена с окружающей средой практически нет, он происходит уже в баллоне, из-за этого композитный баллон, хуже проводящий тепло, нагревается сильнее, чем металлический.

Нагрев приводит к повышению давления в баллоне и остановке заправки. В баллон попадает



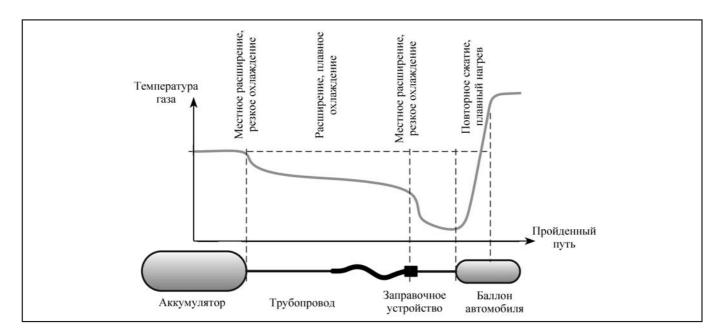


Рис. 7. Изменение температуры газа при его подаче из аккумулятора в баллон

меньше газа, чем он мог бы вместить при таком давлении и температуре окружающей среды.

Избежать нагрева можно, если сделать движение газа очень медленным, уменьшив перепад давлений на всем пути движения. Но понятно, что на практике никого не устроит такая очень медленная заправка.

Современная технология заправки

Современные АГНКС имеют важные отличия от АГНКС 1980-х гг.:

- заправка по массе, отказ от регуляторов давления перед газозаправочной колонкой;
 - наземное хранение газа;
- разделение аккумуляторов на секции с различным давлением газа.

Эти отличия оптимизируют стоимость заправочных станций, повышают эффективность и безопасность заправки.

Рассмотрим их подробнее.

Заправка по массе без регулятора давления

Уменьшить время заправки можно, если не ограничивать расход газа регулятором, а дать ему возможность двигаться с максимально возможной скоростью.

Современные расходомеры позволяют точно измерять массу газа, прошедшего че-

рез трубу, а контроллеры колонок — автоматически определять объем баллона (рис. 8). При заправке блок управления ГЗК оценивает объем баллона и рассчитывает такую массу газа, которая создаст заданное давление с учетом сжатия и точно рассчитанным запасом на нагрев баллона. Заправка заканчивается по достижении заданной массы, как на ТРК для жидкого топлива.

Отсутствие регулятора давления заметно увеличивает скорость наполнения баллонов, а расчет массы и давления с учетом нагрева позволяет повысить наполняемость баллона. Также повышается стабильность заправки при разной температуре

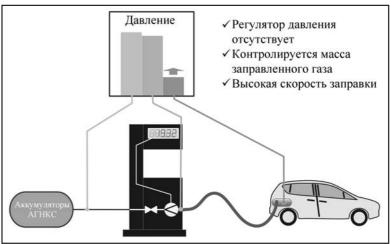


Рис. 8. Современная схема заправки газом



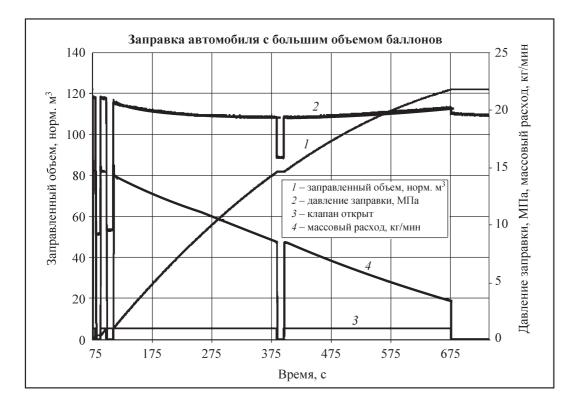


Рис. 9. График хода заправки

воздуха, так как дозируется именно масса, а не объем и давление газа.

Клиент АГНКС может быть уверен, что в любое время года он получит одинаковую массу газа, а значит, одинаковый пробег транспорта между заправками, что важно при коммерческом использовании автомобиля и планировании его загрузки.

На рис. 9 показан график хода заправки на газозаправочной колонке ЛПА-ГЗК. Заправка выполняется по массе (с автоматическим измерением объема баллона) без регулятора давления. В этом примере заправка 122 м³ газа (примерно эквивалентно 122 л бензина или ДТ) выполнена за 10 мин, что является хорошим результатом. После заправки и выравнивания температуры баллона устанавливается давление 19,6 МПа, равное заданному.

Наземное хранение газа

Снижаются затраты на строительство АГНКС, поскольку не нужен бункер с системой контроля загазованности, достаточно подготовленной площадки. Недостаток в том, что температура хранимого в аккумуляторах газа зависит от температуры окружающей среды. Зимой заправляется заметно

больше газа, чем летом, и давление в баллоне может опасно повыситься, если автомобиль после холодной заправки поместить в теплый гараж.

Только при заправке по массе с учетом температуры окружающего воздуха эксплуатация автомобилей будет полностью безопасной со стабильным заполнением баллонов в любое время года.

Разделение аккумуляторов на секции с различным давлением

Это решение уменьшает энергозатраты на сжатие газа, увеличивает пропускную способность АГКНС и повышает эффективный (работающий) объем аккумуляторов. Данная сложная и интересная тема будет рассмотрена в будущих статьях.

Проектирование эффективных АГНКС

Ниже в таблице приведены возможные сочетания новых и старых решений, комбинируемых на AГНКС.

Мы рассмотрели в статье некоторые особенности структуры АГНКС (рис. 10) и различные



_		Функция заправки	Функция заправки по массе в колонке						
Парамет	p	Есть	Нет						
	Нет	Самый быстрый и точный способ заправки с контролем заправляемой массы и компенсацией по температуре. Требует соответствующей автоматики колонки	контролировать давление в баллоне из-за перепада на заправочном устрой-						
Регулятор давления перед колонкой	Есть	Сочетание имеет смысл только при настройке регулятора на максимально допустимое давление (защитная функция). Если же регулятор настроен на конечное давление в баллонах, то сочетание бессмысленно, так как более сложная и дорогая колонка не ускоряет заправку, ограниченную регулятором	Скорость заправки низкая. Возможен расчет количества заправленного газа по давлению в баллоне. Так реализована заправка на АГНКС старой постройки						
D.	Наземное	Типовой современный вариант обеспечивает удешевление аккумуляторов и оптимальную заправку	Потенциально опасный вариант. Зимой возможно аварийное повышение давления в баллонах в теплом гараже после заправки						
Расположение аккумуляторов	Подземное	Нормальный вариант, если аккумуляторы уже есть (реконструкция). При строительстве новой АГНКС дорогое подземное хранилище в сочетании с заправкой по массе нецелесообразно	Традиционная схема отличается дороговизной аккумуляторов и медленной заправкой, однако сбалансирована с точки зрения стабильности заправки и безопасности						

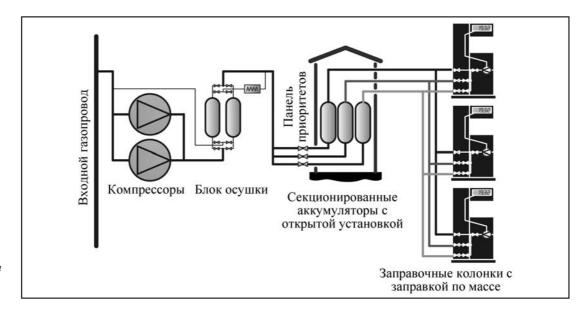


Рис. 10. Современная структура АГНКС



"мелочи", способные серьезно изменить экономическую эффективность, а иногда и безопасность заправки природным газом. Еще раз подчеркнем, что АГНКС существенно сложнее для проектирования и строительства, чем АЗС с жидким топливом. Попытки строительства АГНКС из разрозненных блоков, приобретенных у разных поставщиков и не согласованных между собой, приводят обычно к проблемам при эксплуатации.

Прибыль от продажи КПГ ниже, чем от продажи жидкого топлива, причем цена ограничена законодательно, поэтому очень важно сделать затраты на эксплуатацию АГНКС минимальными. Для создания действительно эффективной АГКНС нужно учитывать многие согласованные факторы:

- средняя загрузка АГНКС и особенности ее распределения по времени суток влияют на оптимальный выбор компрессоров, аккумуляторов и колонок;
- существуют серьезные ограничения (площадь территории, расположение окружающих объектов), которые зачастую упускаются при планировании строительства;
- наличие необходимой электрической мощности, поскольку зачастую неопытный проектировщик не учитывает гораздо большее энергопотребление АГНКС по сравнению с обычной АЗС;
- особенности подвода газа, располагаемое давление и производительность газопровода;
- множество других, казалось бы, малозначимых моментов.

В России и ближнем зарубежье еще во времена СССР была создана достаточно большая сеть АГНКС. Эти станции работают и сейчас, но нуждаются в глубокой модернизации.

Модернизация имеющегося объекта может быть существенно дешевле, чем строительство с

нуля, но правильный подход к проектированию в этом случае, пожалуй, еще важнее. В ходе эксплуатации старые станции подвергались ремонтам и мелким доработкам, причем зачастую эти доработки плохо документированы. Задача проектировщика при модернизации такого объекта, прежде всего, выявить истинное состояние, а это немыслимо без тщательного обследования объекта. Пренебрежение этой процедурой приводит к различным нестыковкам в ходе модернизации и последующим проблемам при эксплуатации. Заметим, что и при строительстве новой станции предпроектное обследование площадки не является лишним, поскольку на бумаге учесть все особенности, как правило, невозможно.

Итак, проектирование АГНКС и поставку оборудования лучше всего выполнять комплексно. При этом для правильного выбора поставщика услуг и оборудования нужно обращать внимание на такие моменты:

- опыт компании в газовой отрасли, знание специфических отраслевых стандартов;
- наличие в компании специалистов различных направлений строительство, газовые технологии, силовое электрооборудование, автоматика:
- готовность к новому объекту, проведению обследования, работе как с документацией, так и непосредственно со специалистами заказчика:
- предпочтительно, чтобы проектирование и поставка оборудования выполнялась одной компанией или группой компаний-партнеров.

В следующих статьях цикла мы подробнее рассмотрим особенности отдельных блоков АГНКС, остановимся на различных технологических схемах, например, многолинейной заправке, организации "виртуальной трубы", приведем примеры эффективных приемов модернизации и строительства АГНКС.

• • • • • • • • • • • • • • •



УДК 621.436

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ И ОБВОДНЕНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА. Часть 2

С.А. Зыков, канд. техн. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; **В.А. Марков**, д-р техн. наук; **В.И. Крылов**, канд. техн. наук, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Эффективность и надежность работы топливной аппаратуры и дизеля в целом в значительной степени зависит от чистоты дизельного топлива. Проведено комплексное экспериментальное исследование загрязненности топлива для дизельных двигателей автомобильной и сельскохозяйственной техники. С целью изучения эффекта растворимости влаги атмосферного воздуха в топливе испытаны макеты топливной системы автомобиля. Проведены испытания фильтрующих элементов тонкой очистки топлива серийной и усовершенствованной конструкций. Показано, что усовершенствованный фильтрующий элемент имеет ресурс, превышающий ресурс серийного фильтра в 1,62 раза.

Ключевые слова: средства заправки, дизельный двигатель, дизельное топливо, загрязненность топлива, содержание воды в топливе, фильтр тонкой очистки топлива, фильтрующий элемент.

RESEARCH OF FUEL CONTAMINATION AND WATER CONTENT OF DIESEL FUEL. Part 2

Zykov S.A., Ph.D. of technical sciences, MSHA im K.A. Timiryazeva; **Markov V.A.,** Dr. of technical sciences; **Krylov V.I.,** Ph.D. of technical sciences, BMSTU, Moscow

The efficiency and reliability of fuel equipment functioning and diesel engine as a whole largely depends on the purity of diesel fuel. Experimental research of contamination of diesel fuel for diesel engines of automobile and agricultural machinery is conducted. Model testing of the fuel system for the vehicle for the purpose of studying the effect of solubility of the atmospheric air moisture in the fuel is conducted. Filter elements of fine filtering of serial and improved designs are tested. It is shown that the improved filter element has a resource exceeding that of the serial filter 1,62 times as much.

Keywords: refueling equipment, diesel engine, diesel fuel, fuel contamination, water content in diesel fuel, filter of fuel fine purification, filter element.

Эффективность и надежность эксплуатации транспортных средств и их двигателей остаются основным показателем их потребительских качеств [1, 2]. В настоящее время транспортные средства оборудуются двумя основными типами двигателей — бензиновыми двигателями и дизелями [3, 4]. Преимуществами использования дизелей являются примерно на 30 % меньший расход топлива

по сравнению с бензиновыми двигателями с непосредственным впрыскиванием. Это объясняется, главным образом тем, что дизели имеют большую степень сжатия и работают с большими коэффициентами избытка воздуха. К тому же расход топлива у дизелей в меньшей степени зависит от нагрузки и очень незначителен на режимах холостого хода (он достигает около 10 % от полной подачи



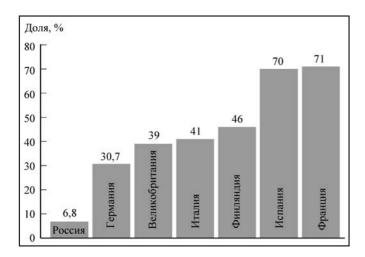


Рис. 1. Доля дизельных легковых автомобилей от общих продаж автомобилей в некоторых странах

топлива). Следует также отметить, что стабильность регулировочных параметров системы подачи топлива у дизелей выше, чем у бензиновых двигателей. В связи с этим, ведущие мировые двигателестроительные фирмы все большее количество транспортных средств оснащают дизельными двигателями (рис. 1) [4].

Более широкое использование дизельных двигателей на транспорте сдерживается необходимостью строгого контроля качества очистки воздуха и топлива, а также исключения возможности перегрева двигателя, что может негативно повлиять на работу форсунок и поршневой группы. При этом надежность работы дизелей и их ресурс в значительной степени зависит от качества и чистоты дизельного топлива [5–8]. Наиболее чувствительной к качеству дизельного топлива является топливная аппаратура — по статистике примерно 50 % неисправностей и поломок топливной аппаратуры вызваны низким качеством топлива [9, 10].

О качестве топлива судят по основным его характеристикам — фракционному и углеводородному составу, цетановому числу, характеризующему воспламеняемость дизельного топлива в условиях камеры сгорания дизеля, по плотности и вязкости топлива и его вязкостно-температурным свойствам [5–8]. Важнейшим показателем дизельного топлива является его чистота, характеризуемая наличием механических примесей и воды. Наличие примесей ускоряет износ, вызывает нагар и коррозию деталей двигателя. Кроме того, наличие в топливе серы способствует интенсивному окислению

моторного масла, ухудшающему его смазывающие свойства и увеличению токсичности ОГ.

Как отмечено выше, степень чистоты дизельных топлив определяет эффективность и надежность работы топливной аппаратуры дизеля. Частицы размером более 4 мкм вызывают повышенный износ плунжерных пар, нагнетательных клапанов, игл распылителей форсунок. Поэтому, чем дизельное топливо чище, тем качественнее и эффективнее работает двигатель. При этом качество дизельного топлива определяется чистотой (наличием механических примесей) [5, 7, 11–13], а также содержанием в нем воды [11, 12, 14]. Наличие этих примесей оценивается по фильтуемости топлива.

В целом, на фильтруемость топлива оказывают влияет следующие факторы: наличие воды, механических примесей, смолистых веществ, мыл нафтеновых кислот, а зимой — кристаллов льда и парафина, которые находятся во взвешенном состоянии, так как их плотность соизмерима с плотностью топлива. Поскольку гарантировать отсутствие в используемом топливе воды и посторонних взвесей сложно, настоятельно рекомендуется производить фильтрацию топлива перед заливкой его в топливный бак. Некоторое количество воды может попасть в топливо в неполном баке ввиду процессов конденсации из-за перепада температур. Необходимо своевременно производить замену топливных фильтров, а также фильтрующих элементов топливного насоса и подводящих топливных патрубков. При регулярном использовании предварительно неотфильтрованного топлива с большим содержанием посторонних взвесей рекомендуется производить смену фильтров чаще, чем того требуют инструкции по эксплуатации. Вместе с тем, определение чистоты топлива и оценка ее влияния на показатели работы двигателя - это непростая задача, требующая в ряде случаев обширных экспериментальных исследований.

В процессе такого исследования дизельное топливо заправлялось в автомобили ТАТРА-815 и ряд других автомобилей при помощи подвижных и стационарных средств заправки [7]. В качестве подвижных средств заправки использовались следующие топливозаправщики: автомобиль-цистерна АЦ-5, 5-375, АТМЗ-4, АЦЗ-4, 4-131, АТЗ-4-131, АТЗ-3, 8-53A, АТЗ-24-52 и ПАЗЗС-3152. В этих средствах заправки внутренняя поверхность цис-



терн и технологического оборудования оцинкована для защиты от коррозии, имеются также дыхательные клапаны и сетчатые воздушные фильтры. Для тонкой очистки топлива они оснащены фильтрами и фильтрующей диагональю в один слой с тонкостью фильтрации 20–25 мкм и фильтром ФДГ-30 ТМ с нетканым материалом и тонкостью фильтрации 26–30 мкм.

В качестве стационарных средств заправки используются пункты заправки, состоящие из наземных резервуаров емкостью до 10 м³ и топливораздаточных колонок моделей 324, 395M, ТК-40, которые снабжены сетчатым фильтром с размером ячеек 100 мкм [7]. Дизельное топливо к стационар-

ным средствам заправки подавалось в автомобильных цистернах АЦ-9-500A, АЦ-4, 2-130 и АЦ-4, 2-53A обычно в составе автопоезда с прицепами ПЦ-6, 7-8925, ПЦ-5, 6-817, ПЦ-4, 7-762Б и ПЦ-4, 2-754В. Эти цистерны не имеют фильтров тонкой очистки топлива (ФТО), а также оцинкованного покрытия внутренней поверхности резервуара и технологического оборудования.

При исследовании гранулометрического состава и массового содержания загрязнений в дизельном топливе все автомобильные цистерны и топливозаправщики заправлялись на нефтебазах. Установлено, что через раздаточные стояк поступает дизельное топливо (табл. 1), содержащее летом

 Таблица 1

 Загрязнение дизельного топлива в подвижных средствах заправки

№ п/п	№ п/п Показатели		Раздаточный стояк (при наливе топлива)		Цистерна (после транс- портировки)		герна той)		й патру- и сливе)	Раздат кр (при за	ан
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1	Содержание загрязнений, %	0,0046	0,0038	0,0126	0,0120	0,0680	0,0640	0,0120	0,0110	0,0035	0,0031
	Количество частиц, шт/мл;										
	Размером, мкм:										
	1-5	8 000	7 600	12 000	11 000	14 000	13800	6200	6000	10000	8000
	5-10	4 000	2 800	6000	5 400	8 000	7800	3800	3400	5200	5000
	10-15	2 100	1 800	3 200	2 800	3 800	3600	1800	1600	2400	2200
	15-20	1 200	800	2 000	1 800	2 000	1800	600	540	1600	1400
2	20-25	800	600	1200	1100	900	840	400	320	1000	800
	25-30	40	120	600	500	400	360	80	60	450	400
	30-35	100	60	180	160	240	200	60	40	150	100
	35–40	40	20	80	40	160	100	20	18	60	50
	40-45	12	8	26	20	80	68	16	8	20	20
	45-50	10	6	4	2	30	30	10	4	_	_
	более 50	_	_	_	_	10	9	6	4	_	_
3	Содержание воды, %	0,010	0,020	0,018	0,023	0,80	0,98	0,020	0,025	0,015	0,018



Таблииа 2

Загрязненность дизельного топлива на стационарных средствах заправки (АЗС)

№ п/п	№ п/п Показатели		Резервуар (при наливе топлива)		Резервуар (при хранении)		о (отстой)	Раздаточный кран (при заправке)	
,		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1	Содержание загрязнений, %	0,0320	0,0250	0,0132	0,0128	0,0720	0,0520	0,0035	0,0030
	Количество частиц, шт/мл;								
	Размером, мкм:								
	1-5	8200	7800	6400	6000	16000	13000	10000	9800
	5-10	5200	4600	4000	3800	9000	7000	5000	4800
	10-15	2300	2100	1900	1800	4000	3800	2800	2500
	15-20	1500	1400	680	680	2000	1600	1500	1400
2	20-25	820	650	420	400	1000	800	900	800
	25-30	440	400	90	90	500	300	500	400
	30-35	120	60	70	60	300	200	100	80
	35-40	50	40	20	8	120	100	60	60
	40-45	20	20	4	2	80	60	20	20
	45-50	6	4	_	_	30	20	_	_
	более 50	_	_			90	80		
3	Содержание воды, %	0,020	0,028	0,016	0,018	0,7	0,8	0,016	0,018

0,0046 % загрязнений с размером частиц от 1 до 50 мкм общим количеством 16 662 шт/мл и содержанием воды до 0,01 %. В процессе транспортировки происходит загрязнение дизельного топлива остаточными загрязнениями, а также атмосферной пылью и влагой. В результате средняя проба дизельного топлива содержит 0,0126 % загрязнений с размером частиц от 1 до 50 мкм, при этом увеличивается общее количество частиц до 25 290 и содержание воды до 0,018 %. Отстой топлива в цистернах содержит загрязнений до 0,068 % с размером частиц более 50 мкм, а воды 0,8 %. Сливается дизельное топливо из цистерн с содержанием загрязнений в средней пробе 0,012 %, размером частиц от 1 до 50 мкм и содержанием воды до

0,020 %. При заправке автомобилей из подвижных средств дизельное топливо после фильтрации с одержит 0,0035 % загрязнений с размером частиц до 40 мкм общим количеством 20 880 шт/мл и содержанием воды до 0,015 %.

При наливе топлива в резервуары стационарных средств заправки (табл. 2) через сливные патрубки автоцистерн в результате перемешивания содержание загрязнений увеличивается до 0,032 %, а также увеличивается до 18 636 шт/мл общее количество частиц размером до 50 мкм, а содержание воды достигает 0,020 %. При хранении топлива в резервуарах происходит его отстаивание, и в средней пробе содержание загрязнений уменьшается до 0,0132 %, содержание воды до 0,016 %, а размер



Таблица 3

Загрязненность дизельного топлива в баках

№ п/п	№ п/п Показатели		Бак (после заправки)		Бак (при эксплуатации)		ра тонкой стки		сунка пива в бак)
,		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1	Содержание загрязнений, %	0,028	0,022	0,0041	0,0035	0,0038	0,0032	0,0018	0,0012
	Количество частиц, шт/мл;								
	Размером, мкм:								
	1–5	8000	7500	11000	10000	10500	10000	4000	3600
	5-10	4600	4000	5600	5000	5100	5000	2000	1950
	10-15	2200	2000	2700	2100	2600	2400	900	800
	15-20	1400	1200	1800	1400	1500	1400	400	360
2	20-25	680	600	1000	960	1000	900	200	200
	25–30	300	250	600	500	400	400	120	120
	30–35	80	60	300	120	100	100	40	30
	35–40	60	50	100	60	50	50	_	_
	40-45	40	30	50	20	20	20	_	_
	45-50	20	1	_	_	_	_	_	_
	более 50	2	_						
3	Содержание воды, %	0,0139	0,0173	0,018	0,0192	0,0178	0,0181	0,016	0,0168

частиц не превышает 45 мкм. В отстое содержание загрязнений увеличивается до 0.0720~%, содержание воды до 0.7~%, при этом размер частиц превышает 50 мкм. При заправке дизельного топлива через раздаточный кран содержание загрязнений снижается до 0.0035~%, размер частиц не превышает 40 мкм, общее количество частиц достигает 20~880~шт/мл, а содержание воды составляет (0.016-0.018~%).

В баках машин (табл. 3) содержание загрязнений в результате перемешивания топлива увеличивается до 0,028 %, размер частиц превышает 50 мкм, их количество достигает 17 382 шт/мл, а содержание воды до 0,0173 %. В процессе эксплуатации происходит отстаивание загрязнений и в

средней пробе загрязненность снижается до 0,0041 %, размер частиц не превышает 45 мкм, а содержание воды в результате периодического нагрева за счет слива горячего топлива (из топливного насоса высокого давления — ТНВД и форсунок) и охлаждения его в ночное время увеличивается до 0,0192 %. К фильтру грубой очистки (ФГО) топливо поступает той же загрязненности, что и в баке. После прохождения топлива через ФГО содержание загрязнений снижается на 0,003 %, а воды до 0,0178 %. Значительное улучшение чистоты дизельного топлива происходит после фильтра тонкой очистки, содержание загрязнений снижается до 0,0018 %, размер частиц до 35 мкм, а также снижается общее количество частиц до 7660 шт/мл и



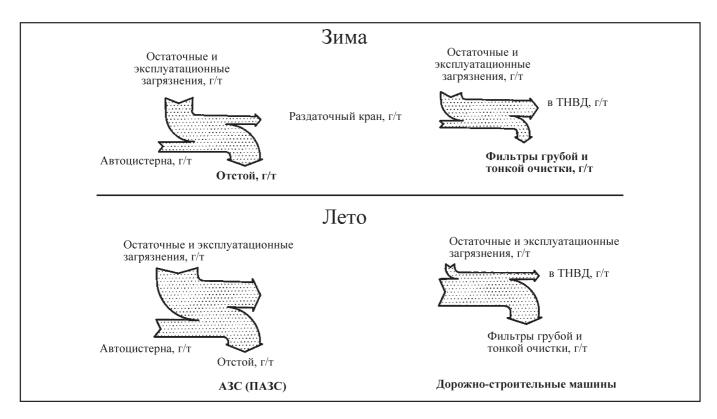


Рис. 2. Баланс загрязненности дизельных топлив в средствах заправки и в топливных системах машин в средней климатической зоне

содержание воды до 0,016 %. Зимой в пробах дизельного топлива снижается содержание загрязнений за счет меньшей запыленности воздуха и увеличивается содержание воды за счет колебания температуры топлива в баке. На основе выполненных исследований составлен баланс загрязненности дизельного топлива в средствах заправки и в топливных системах импортных дорожно-строительных машин (рис. 2).

При анализе загрязненности дизельного топлива исследован элементный состав загрязнений. В табл. 4, 5 и 6 дана характеристика загрязнений в дизельном топливе. В пробах из раздаточных стояков (табл. 4) нефтескладов, производящих залив дизельного топлива в автоцистерны и топливозаправщики, зольность загрязнений составляет 54,20 %. Это объясняется наличием в дизельном топливе большого количества смолистых соединений и поверхностно-активных веществ, которые адсорбируют на своей поверхности частицы атмосферной пыли и продукты коррозии. В загрязнениях основную массу зольной части составляют элементы Fe — продукты коррозии; Si, Ca, Mg, Al — продукты атмосферной пыли; Zn — продукты раз-

рушения оцинкованных поверхностей средств хранения и транспортирования и Na — результат некачественного удаления мыла нефтеновых кислот при производстве топлива, которые удаляются в результате водной промывки.

В цистернах после транспортирования дизельного топлива зольность увеличивается до 50,36 % за счет увеличения доли продуктов атмосферной пыли (Si, Ca, Mg, Al). В цистернах, имеющих антикоррозийное покрытие, зольность также увеличивается за счет доли Zn вследствие разрушения покрытий. В отстое цистерн собираются тяжелые и крупные продукты окисления Fe и вода, а зольность увеличивается до 69,86 %. При сливе дизельного топлива из сливных патрубков цистерн зольность и элементный состав приближаются к значениям, имеющимся при сливе топлива из раздаточного стояка. Фильтры тонкой очистки заправочных цистерн, имеющие тонкость фильтрации 20-30 мкм, удаляют из топлива частицы коррозии Fe и Zn, а также комплексы, содержащие влагу и Na. В результате зольность снижается до 49,18 %. В стационарных средствах заправки (табл. 5) зольность загрязнений при наливке топлива в резер-



 Таблица 4

 Характеристика загрязнений дизельного топлива в подвижных средствах заправки

№ п/п Показатель		Раздаточный стояк		(после тр	Цистерна (после транспор- тирования)		Отстой из цистерн (после транспортирования)		й патру- и сливе)	Раздаточный кран (при за- правке)	
		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1	Зольность, %	54,20	51,30	59,36	56,10	69,86	63,20	58,22	54,40	49,18	45,60
	Элементный состав, %										
	Fe	21,80	19,90	26,12	24,20	32,20	31,06	24,20	22,96	17,20	15,80
	Si	4,28	4,06	3,86	3,78	3,28	3,12	5,06	4,08	4,28	4,06
	Mg	1,96	1,86	2,20	2,09	1,98	1,76	2,18	2,06	2,19	2,16
2	Na	7,02	7,68	7,02	7,38	5,28	5,06	7,42	7,72	3,48	3,42
	Ca	2,19	2,02	2,16	1,98	1,78	1,62	2,48	1,96	3,06	2,86
	Al	4,18	4,06	2,08	1,96	2,06	1,98	4,56	4,24	1,26	1,06
	Pb	отс.	отс.	0,96	0,86	2,06	1,98	0,09	0,08	0,60	0,44
	Zn	0,19	1,16	2,09	2,06	3,08	2,96	2,16	2,06	1,20	1,16

№ п/п Показате		Резервуар (при наливе)		Резервуар (при хранении)		Отстой из	Отстой из резервуара		Раздаточный кран (при заправке)	
·		Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	
1	Зольность, %	56,20	53,70	52,36	51,60	6,20	58,70	50,2	46,6	
	Элементный состав, %									
	Fe	20,75	18,80	16,30	15,20	30,20	26,30	16,60	13,68	
	Si	4,06	3,82	6,12	5,90	3,08	2,86	5,26	5,08	
	Mg	2,02	1,98	2,06	1,92	1,82	1,80	2,06	1,82	
2	Na	6,08	6,20	6,86	7,13	3,86	4,06	0,70	0,82	
	Ca	2,16	2,03	3,08	2,96	1,80	1,78	2,72	2,68	
	Al	3,86	3,60	4,28	4,02	1,86	1,7	0,84	0,76	
	Pb	отс.	отс.	0,07	0,06	0,08	0,09	0,06	0,07	
	Zn	0,16	0,14	0,18	0,15	0,20	0,16	0,11	0,09	



вуары близка к зольности загрязнений наливаемого топлива из раздаточного стояка в подвижные средства заправки, элементный состав изменяется незначительно только за счет перемешивания топлива.

При хранении топлива после отстоя тяжелых продуктов коррозии Fe зольность несколько снижается, но в результате дыхания резервуаров увеличивается доля продуктов атмосферной пыли (Si, Са, Mg, Al). Крупные частицы Fe, осаждаясь в отстой резервуара, увеличивают свою долю в загрязнениях до 30,20 %, повышая, таким образом, зольность до 62,2 %. Характеристика загрязнений в пробах дизельного топлива из раздаточного крана (после ФТО с тонкостью фильтрации до 30-40 мкм) стационарных средств заправки близка к характеристике загрязнений в пробах топлива из раздаточного крана (после ФТО с тонкостью фильтрации 20-30 мкм) подвижных средств заправки. Характеристика загрязнений в топливных системах автомобилей (табл. 6) из баков после заправки свидетельствует о перемешивании топлива, увеличении зольности и увеличении элементов, поднятых из отстоя (Fe). В процессе эксплуатации эти частицы отстаиваются, и характеристика загрязнения топлива приближается к загрязнениям, поступающим из раздаточных кранов средств заправки.

В системе питания происходит очистка топлива от загрязнений ФГО и ФТО в результате удаления крупных частиц — продуктов коррозии Fe и Zn (продукты же атмосферной пыли, попадающие в топливо из атмосферы, имеют небольшие размеры и проходят через фильтры). Зольность загрязнений уменьшается до 46,80 %. В зимнее время в загрязнениях увеличивается в основном содержание Na (за счет мыл нафтеновых кислот), содержание продуктов коррозии близко к летнему, а содержание атмосферной пыли уменьшается.

В результате выполненного исследования можно сформулировать механизм формирования загрязнений в дизельном топливе. Твердые загрязнения в дизельном топливе представляют собой взвеси или суспензии с размером частиц, характеризующих коллоидные и мелкодисперсные системы. Твердые загрязнения состоят из зольных элементов, органической части (сернистые, азотистые и кислородные органические соединения) и структурной влаги. Жидкие загрязнения в дизельном топливе включают воду, смолистые и поверхност-

 Таблица 6

 Характеристика загрязнений в топливных системах машин

N. /	NG / H		Бак (после заправки)		Бак (эксплуатация)		ТО	После ФТО	
№ п/п	Показатель	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима	Лето	Зима
1	Зольность, %	54,20	52,80	51,10	49,80	50,16	49,16	46,80	45,12
	Элементный состав, %								
	Fe	28,14	26,28	20,96	20,06	20,68	19,60	16,80	15,26
	Si	4,85	4,06	4,70	3,80	4,60	3,53	4,20	3,30
	Mg	2,32	2,06	2,12	1,96	1,98	1,86	1,88	1,65
2	Na	4,20	4,95	4,12	4,80	4,90	4,80	2,06	2,85
	Ca	2,96	2,86	2,70	2,60	2,60	2,38	2,18	2,02
	Al	3,82	3,76	3,78	3,60	2,12	2,02	1,60	1,42
	Pb	1,06	1,01	1,28	1,09	1,11	0,9	1,08	0,80
	Zn	1,28	1,13	1,12	1,06	0,98	0,88	0,78	0,68



но-активные вещества, находящиеся в растворенном состоянии или в виде второй фазы. Свободная вода находится в виде эмульсии с размером глобул воды от долей до единиц микрона. Газообразные загрязнения в дизельном топливе — это воздух, находящийся в растворенном состоянии или в виде микропузырьков с размером до нескольких микрон. Микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности располагаются на границе раздела топливо — вода и близлежащих слоев топлива. Микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности имеют размеры до единиц микрона и располагаются в виде колоний.

Загрязнения, содержащие зольные элементы, проникают в дизельное топливо в результате коррозии металлов, износа трущихся пар, вымывания компонентов из прокладочно-уплотнительных материалов и контакта с запыленной атмосферой. Крупные частицы размером более 20 мкм быстро оседают, а меньшего размера длительное время остаются в дизельном топливе и играют роль центров коагуляции для соединений органического происхождения. Частицы зольного характера адсорбируют на своей поверхности из топлива смолистые, поверхностно-активные вещества и влагу.

Загрязнения органического происхождения остаются в дизельном топливе в виде истинного раствора до известной стадии превращения. Дальнейшее их окисление и уплотнение является причиной их выпадения из топлива в виде твердой фазы. Таким образом, создается коллоидная система топливо – смола. Под влиянием частиц зольного происхождения, воды и поверхностно-активных веществ происходит разрушение коллоидной системы и укрупнение частиц. По мере укрупнения частицы загрязнений оседают. Таким образом, в дизельном топливе происходит непрерывный процесс образования и разрушения коллоидной системы частиц и их осаждения. Поэтому при длительном хранении не удается достичь полного отстаивания загрязнений. Устанавливается баланс зарождения и отстаивания частиц загрязнений. Для удаления частиц загрязнений нужна фильтрация топлива через пористые перегородки с необходимой для обеспечения работоспособности прецизионных пар тонкостью фильтрации.

Результаты исследования загрязненности дизельного топлива при эксплуатации автомобилей и машин сельскохозяйственного назначения подтверждают теоретические выводы о необходимо-

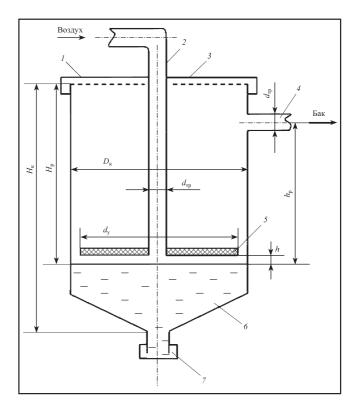


Рис. 3. Масляный пылеуловитель:

- 1 корпус; 2 трубка подвода запыленного воздуха;
- 3 крышка; 4 дренажная трубка топливного бака;
- 5 дисковый успокоитель; 6 масло; 7 заглушка

сти разработки средств предотвращения попадания загрязнений в баки машин и дальнейшего совершенствования средств фильтрации топлива.

Важным элементом используемых средств очистки топлива является масляный пылеуловитель (МПУ). Лабораторные испытания масляного пылеуловителя, схема которого показана на рис. 3, проводились с целью оценки его эффективности по улавливанию кварцевой пыли с удельной поверхностью $S_{vx} = 1050 \text{ м}^2/\text{кг}$. Испытания проводились на металлической (сталь) модели МПУ, имеющей следующие размеры: $H_{\rm K} = 110$ мм; $H_{\rm p} =$ = 70 mm; $D_{\rm k}$ = 70 mm; $h_{\rm p}$ = 60 mm; $d_{\rm v}$ = 60 mm; $d_{\rm tp}$ = = 6 мм. Подробное описание опытной установки и методики проведения испытаний приведено в работе [10]. Общая методика оценки эффективности МПУ заключалась в определении относительной массы пыли, задерживаемой в отстойной зоне МПУ.

Установка позволяла моделировать режим "дыхания" топливного бака с минимальным расходом воздуха, принимаемым равным расходу топлива



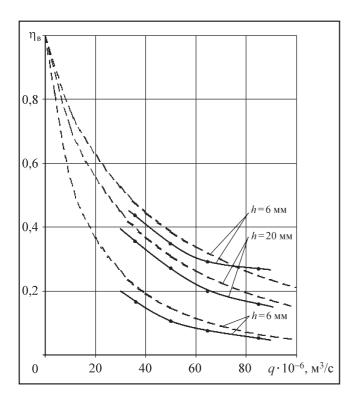


Рис. 4. Экспериментальная зависимость эффективности осаждения кварцевой пыли в МПУ от расхода воздуха. Пунктирные линии — расчет по формулам (1)

в баке $q_{\text{т. min}} = 36 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$. Серия испытаний была проведена с расходами запыленного воздуха (36, 50, 65, 80)· 10^{-6} м $^3/\text{c}$. При этом все серии испытаний с вариациями расходов воздуха проводились при

зазорах между успокоителем составляющих h=(6,20,40) мм. На рис. 4 приведена экспериментальная зависимость эффективности очистки воздуха от кварцевой пыли в МПУ от расхода воздуха $q_{\scriptscriptstyle T}$ для разных h. Здесь же показана расчетная зависимость для оценки эффективности МПУ $\eta_{\scriptscriptstyle B}=f(q_{\scriptscriptstyle T})$ при h=(6,20,40) мм, определенная по формулам:

$$\eta_{\rm B} = (1 + a_m x) e^{-a_m x},$$

$$x = 0.71 \sqrt{\frac{36 v_{\rm B} q_{\rm T}}{(\rho_{\eta} / \rho_{\rm B}) g \pi d_{\rm y}^2 \left(1 - \frac{h}{h_{\rm p}}\right)}}.$$
(1)

где $a_m=1,679$ / $x_{0,5m}$ — параметр, выраженный через медиану распределения $x_{0,5m}$; x — минимальный размер частиц, задерживаемых МПУ; $q_{\rm T}=4,5\times \times 10^{-6}~{\rm M}^3/{\rm C}$ (расход топлива машиной составляет 32,5 л/100 км при скорости 50 км/ч); $d_{\rm y}=60\cdot 10^{-3}~{\rm M}$; $h=6\cdot 10^{-3}~{\rm M}$; $h_{\rm p}=60\cdot 10^{-3}~{\rm M}$; плотность кварцевой пыли $\rho_{\rm q}=2600~{\rm kr/M}^3$; плотность воздуха $\rho_{\rm B}=1,2~{\rm kr/M}^3$; вязкость воздуха $v_{\rm B}=15,06\cdot 10^{-6}~{\rm M}^2/{\rm c}$; $x_{0,5}=6,398\cdot 10^{-6}~{\rm M}$ (кварцевая пыль с $S_{\rm yz}=1050~{\rm M}^2/{\rm kr}$); $0,71-{\rm ko}$ жоффициент, учитывающий влияние формы частиц, отличающейся от сферической [15]. По рис. 4 следует отметить достаточное совпадение теоретической и экспериментальной закономерностей осаждения кварцевой пыли в МПУ. Окончательное суждение по эффективно-

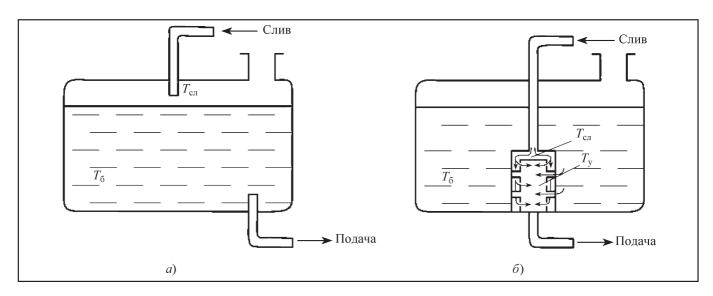


Рис. 5. Схематизация процесса теплообмена в топливных баках — стандартного (а) и усовершенствованного (б) с устройством для обработки топлива: $T_{c,\imath}$, T_y , T_6 — температуры слива, устройства и бака, соответственно



сти предлагаемой конструкции МПУ можно получить на основании эксплуатационных испытаний усовершенствованных топливных баков.

С целью уменьшения обводненности топлива разработано устройство для его обработки в топливном баке автомобиля, обеспечивающее подогрев топлива. На рис. 5 показаны схемы стандартного и усовершенствованного топливных баков автомобиля TATPA-815, а на рис. 6 — схема макетной установки для исследования баков.

В соответствии с разработанной методикой, описанной в работе [10], проведены стендовые испытания устройства на макетной установке

(рис. 6), позволяющей моделировать процессы, протекающие в реальных топливных системах дизельных двигателей. Цель испытаний — экспериментальное подтверждение полученных теоретических результатов и закономерностей, а также количественная экспериментальная оценка эффективности применения предлагаемого устройства для обработки топлива. Экспериментальная установка (рис. 6) включала топливный бак автомобиля TATPA-815 с расположенным в нем устройством для подготовки топлива, резервуар с подогревателем для моделирования процесса нагрева топлива в двигателе, топливный насос, ротаметры для

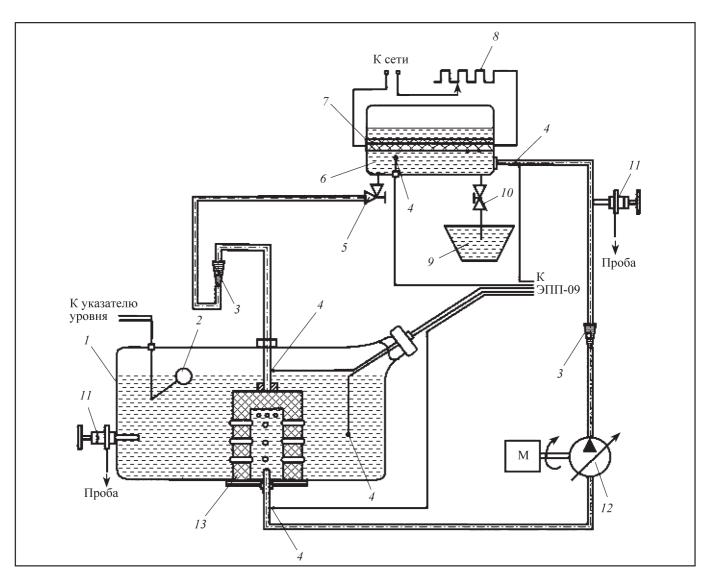


Рис. 6. Схема макетной установки:

1 — топливный бак; 2 — датчик поплавкового указателя уровня топлива в баке; 3 — ротаметры; 4 — термопары; 5 — угловой вентиль; 6 — резервуар; 7 — подогреватель; 8 — реостат; 9 — мерный сосуд; 10 — прямоточный вентиль; 11 — пробоотборники; 12 — топливный насос с электродвигателем; 13 — устройство для подготовки топлива



Экспериментальная $T_{\circ} \circ K$ $T_{\rm c \pi}$ $^{\circ}$ K T_6 °K $D_{\rm o}$, % Циркуляция, м³/с зависимость $V_{\rm T} = 26,6 \cdot 10^{-6}$ $C_w = f(\tau)$ $261\pm1,5$ $321\pm2,5$ $282\pm2,5$ 94±2 $q_{\rm T} = 4.45 \cdot 10^{-6}$ $V_{\text{\tiny T}} = 33,3 \cdot 10^{-6}$ $q_{\text{\tiny T}} = 5,55 \cdot 10^{-6}$ $C_w = f(\tau)$ 60 ± 1.5 325±2,5 298 ± 2.5 91 ± 2

 $Tаблица\ 7$ Основные экспериментальные параметры первого цикла испытаний стандартного топливного бака автомобиля TATPA-815

измерения расхода топлива, мерный сосуд для измерения количества сливаемого из резервуара топлива и систему измерения температуры топлива в различных точках, состоящую из хромель-никелиевых термопар и вторичного прибора — самопишущего электронного потенциометра ЭПП-09, а также топливопроводы и запорную арматуру. Испытания на установке (рис. 6) проведены в следующей последовательности:

- в топливный бак 1 заливалось дизельное топливо в количестве $200 \cdot 10^{-3}$ м³, а в резервуар 6 соответственно $50 \cdot 10^{-3}$ м³/с;
- включался подогреватель 7 и при замкнутой циркуляции бак—резервуар—бак и при герметичном топливном баке производился разогрев установки;
- контролируя температуры с помощью термопар 4, добивались стационарного теплообмена при установившихся температурах слива топлива $T_{\rm cл}$ и температурах топлива в баке $T_{\rm c}$;
- после стабилизации температур открывали доступ воздуха в бак 1 и отбирали первые пробы топлива;
- открывая прямоточный вентиль 10, добивались слива части топлива, имитируя расход топлива дизелем q_x ;
- в установившемся режиме вырабатывали 0,5 объема топлива в баке, периодически отбирая пробы топлива и фиксируя время их отбора;
- пробы топлива обрабатывали гидрид-кальциевым методом для определения содержания волы

Испытания проводились на двух режимах подачи топлива, имитирующих характерные нагрузочные режимы работы дизельного двигателя автомобиля TATPA-815 в эксплуатации. Первый соответствует циркуляционному расходу топлива $V_{\scriptscriptstyle \rm T}=$

 $=26,6\cdot10^{-6}\,\mathrm{m}^3/\mathrm{c}$ ($q_{\scriptscriptstyle T}=4,45\cdot10^{-6}\,\mathrm{m}^3/\mathrm{c}$, i=6). Второй соответствует $V_{\scriptscriptstyle T}=3,33\cdot10^{-6}\,\mathrm{m}^3/\mathrm{c}$ ($q_{\scriptscriptstyle T}=5,55\cdot10^{-6}\,\mathrm{m}^3/\mathrm{c}$, i=6). Первый цикл испытаний проведен со стандартным топливным баком (табл. 7). При проведении испытаний фиксировалась температура окружающей среды (где находился топливный бак) $T_{\scriptscriptstyle O}$ и с помощью гигрометра определялась относительная влажность воздуха $D_{\scriptscriptstyle O}$.

Результаты первого цикла испытаний приведены на рис. 7, a, δ (кривые I). Из графиков следует, что в процессе выработки топлива из бака наблюдается увеличение количества растворенной воды. При расходовании половины объема топлива ($g_{\rm T}=0.5$ — относительная величина) содержание воды существенно зависит от режима циркуляции топлива, который, в свою очередь, связан с нагрузочным эксплуатационным режимом двигателя машины. На рис. 7 также приведены расчетные кривые $C_w = f(g_{\rm T})$ по формуле

$$C_{\rm w} = k_{\rm B} D_{\rm o} \exp\left(8,25 - \frac{3889}{T_{\rm o}}\right) \{1 + [-\ln(1 - g_{\rm t})]\},$$
 (2)

где $g_{_{\mathrm{T}}}=\frac{Q_{_{\mathrm{T}}}}{k_{_{\mathrm{F}}}Q_{_{\mathrm{F}}}}$ — относительный объем израсходо-

ванного топлива; $C_{\scriptscriptstyle w}$ — обводненность топлива заполненного бака при взаимодействии с воздухом надтопливного пространства. По рис. 7 можно отметить удовлетворительную сходимость теоретических и опытных характеристик.

Второй цикл испытаний проводился с баком, оснащенным устройством для обработки топлива (табл. 8). Устройство выполнено по схеме на рис. 3, δ и представляет собой коаксиальную стальную трубчатую сварную конструкцию высотой $H_{\rm y}=0,1$ м, с наружным диаметром $D_{\rm y}=0,05$ м и внутренней трубой $d_{\rm y}=0,03$ м. Трубы соединены



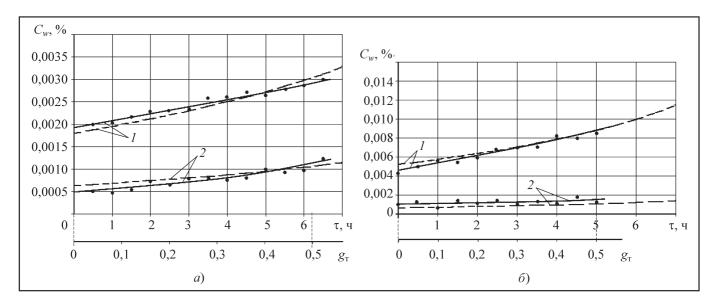


Рис. 7. Экспериментальная зависимость накопления растворенной воды в баке автомобиля ТАТРА-815: a — циркуляция топлива $V_{\rm T} = 26.6 \cdot 10^{-6} \, {\rm m}^3/{\rm c}$; δ — циркуляция топлива $V_{\rm T} = 33.3 \cdot 10^{-6} \, {\rm m}^3/{\rm c}$; δ — стандартный бак; δ — бак, оснащенный устройством для обработки топлива, пунктирная линия — расчетные данные по формуле (2)

отверстиями и трубками диаметром 0,006 м по схеме на рис. 3, δ . Внешняя поверхность устройства составляет $S_y = 0.0314$ м². Испытания второго цикла проводились по методике, изложенной выше.

Результаты второго цикла испытаний приведены на рис. 7, a, δ (кривые 2). Здесь же представлены расчетные кривые $C_w = f(\tau)$ по формуле (2). Экспериментальные кривые удовлетворительно сходятся с теоретическими характеристиками. Сравнение полученных экспериментальных параметров первого и второго циклов испытаний показывает, что в зависимости от нагрузочного режима двигателя автомобиля TATPA-815 применение предлагаемого устройства для обработки топлива

позволяет в 3—8 раз снизить среднее содержание растворенной воды в топливном баке (при $g_{\rm T}=0.5$) и на $16-30^{\circ}$ повысить температуру топлива, циркулирующего в системе топливоподачи.

Существенное влияние на рабочие свойства топливных фильтров дизельных двигателей и загрязненность топлива оказывают свойства фильтрационных материалов, которые определяются их стандартными и структурными характеристиками. Как уже отмечалось, для фильтров тонкой очистки в настоящее время применяют тонкослойные специальные бумаги и картоны, позволяющие формировать фильтрующие шторы сменных фильтроэлементов различной конфигурации. При этом для оценки эксплуатационных свойств фильтров не-

Таблица 8

Основные экспериментальные параметры второго цикла испытаний стандартного топливного бака автомобиля

ТАТРА-815

Эксперимент. Зависимость	Циркуляция, м³/с	T₀°K	T _{сл} °К	T ₆ °K	T _y °K	D _o , %
$C_{\scriptscriptstyle W} = f(\tau)$	$V_{\rm T} = 26,6 \cdot 10^{-6}$ $q_{\rm T} = 4,45 \cdot 10^{-6}$	262±1,5	327±2,5	264±2,5	312±2,5	92±2
$C_{\scriptscriptstyle W} = f(\tau)$	$V_{\rm T} = 33, 3 \cdot 10^{-6}$ $q_{\rm T} = 5, 55 \cdot 10^{-6}$	260±1,5	325±2,5	263±2,5	316±2,5	90±2



Таблииа 9 Экспериментальные характеристики фильтровальных бумаг и картонов для тонкой очистки дизельного топлива

Материал	Толщина, δ·10³,м	Проницаемость, $K \cdot 10^{12}$, м	Пористость, _{V_o}	Номин. тонкость, $d_{0,5}$, мкм	Номин. тонкость, $d_{0,95}$, мкм	ГОСТ, ТУ
БФДТ	0,33	0,048	0,48	0,91	2,57	ТУ ОП 13-0279514-08-92
БТ-3П	0,46	0,139	0,55	0,94	2,65	ТУ 81-04-478-77
БДТ-3К	0,4	0,23	0,56	1,2	2,83	ТУ ОП 13-0279514-09-82
БТ-5П	0,42	0,97	0,59	1,66	4,6	TY 81-04-581-80
БТ-10П	0,38	1,55	0,62	3,8	8,96	TY 81-04-568-80
БТ-170К	0,4	1,36	0,61	3,6	8,45	ТУ ОП 13-0279514-07-92

обходимо знать следующие характеристики фильтрационных материалов: проницаемость K, м² (по закону Дарси); толщина δ , м; пористость ψ_0 (относительный объем пор); номинальная 50 % тонкость фильтрации $d_{0,5}$, мкм; номинальная 95 % тонкость фильтрации $d_{0.95}$, мкм. С целью расширения

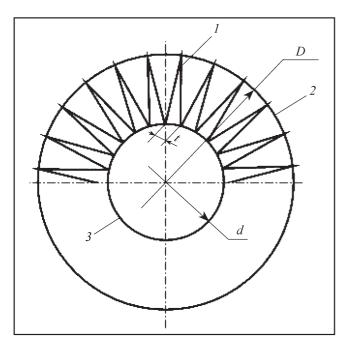


Рис. 8. Схема топливного фильтрующего элемента с гофрированной фильтрующей шторой и радиальными гофрами (звездообразная):

1 — штора; 2 — обечайка; 3 — трубка

информации по современным материалам для топливных фильтров проводилось определение их характеристик методами, описание которых приведено в работе [10].

Испытаниям подвергались образцы фильтровальных бумаг отечественного производства (табл. 9), а также бумаг производства фирмы J.C.BINZER (Германия), применяемых для очистки автотракторных топлив (табл. 10). Анализ результатов показывает, что полученные характеристики зарубежных материалов соответствуют аналогичным характеристикам материалов отечественного производства.

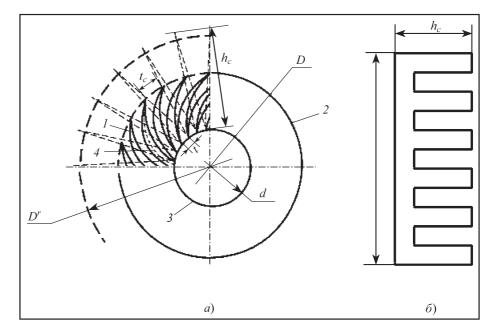
Стендовые испытания фильтроэлементов тонкой очистки дизельного топлива проводились с целью сравнительной оценки фильтроэлементов серийной конструкции, устанавливаемых на автомобилях ТАТРА-815 и опытных усовершенствованных. Конструктивно серийный фильтрующего элемент (ФЭ) выполнен с использованием фильтрующей шторы звездообразного типа из бумаги с номинальной 95% тонкостью фильтрации $d_{0.95} = 10$ мкм по схеме, показанной на рис. 8. Опытный образец серийного ФЭ выполнен в том же типоразмере, но звездообразная штора выполнена из отечественной фильтровальной бумаги БФДТ (ТУ ОП 13-027951-08-92) ($d_{0.95}=3$ мкм).

Усовершенствованный опытный образец ФЭ в рамках того же типоразмера, что и серийный, со шторой из бумаги БФДТ отличается спиральной



Рис. 9. Схема топливного фильтрующего элемента с гофрированной фильтрующей шторой и спиральными гофрами:

a — фильтрующий элемент; δ — форма дренажной вставки из пористого материала; 1 — штора; 2 — обечайка; 3 — трубка; 4 — дренажная вставка



укладкой гофр по схеме на рис. 9. При этом ширина спиральных гофр в 2 раза выше, чем у радиальных в звездообразном Φ Э. Сравнительная характеристика испытуемых Φ Э представлена в табл. 10 (см. рис. 8 и 9).

Из табл. 11 следует, что усовершенствованный фильтрующий элемент отличается от серийного спиральной укладкой гофр большей ширины и наличием гребенчатых дренажных вставок в гофрах, которые выполнены из крупнопористого фильтровального материала ДРКБ (ТУ-81-04.178-72) толщиной 0,7 мм с пористостью $\psi_0 = 0,9$ (рис. 9, δ).

Вставки предотвращают слипание гофр в процессе работы ФЭ.

Сравнительные испытания проводились на лабораторном испытательном стенде (рис. 10) по методике, изложенной в работе [10]. Производилось снятие гидравлической характеристики, оценка номинальной тонкости очистки и снятие ресурсной характеристики. Опытные фильтрующие элементы проверялись на герметичность. При проведении испытаний использовалось дизельное топливо марки Л по ГОСТ 305–82 с кинематической вязкостью $v_{\tau} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ M}^2/\text{c}$, которая поддерживалась

Таблица 10 Экспериментальные характеристики фильтровальных бумаг для очистки топлива фирмы J.C.BINZER (Германия)

Марка бумаги	Толщина, δ·10³, м	Проницаемость (по Дарси), $K \cdot 10^{12}$, M^2	Пористость, ψ	Номинальная тонкость фильтрации, $d_{0,5}$, мкм	Номинальная тонкость фильтрации, $d_{0,95}$, мкм
1750VH198	0,40	0,816	0,67	2,38	6,73
1765V198	0,36	2,6	0,73	3,57	10,12
882/2VH198	0,28	5,43	0,77	4,77	13,5
1723VH198	0,48	1,417	0,69	2,86	8,1
1723VHK662	0,51	0,036	0,59	1,19	3,37



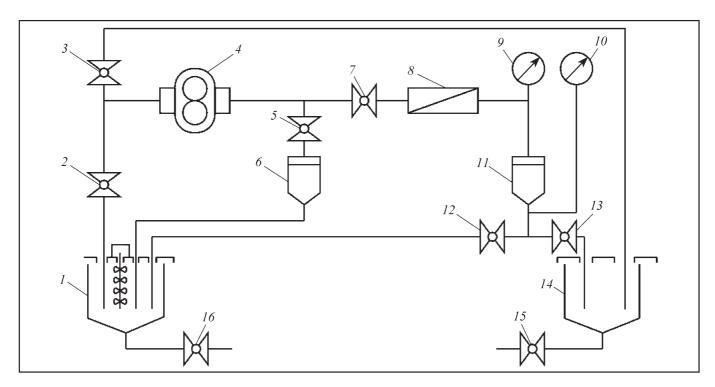


Рис. 10. Схема лабораторного испытательного стенда:

1 — технологическая емкость; 2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 16 — вентили; 4 — регулируемый насос; 6, 11 — корпуса фильтров; 8 — ротаметр; 9, 10 — манометры; 14 — мерная емкость

регулировкой температуры топлива. Гидравлические характеристики снимались на чистом топливе. При снятии ресурсных характеристик топливо загрязнялось кварцевой пылью с удельной поверхностью $S_{yx}=1050~\text{M}^2/\text{kr}$. При этом средняя концентрация пыли в смесительной емкости (0,04 % по массе) поддерживалась периодическим введением навесок кварцевой пыли при постоянном циркуляционном расходе топлива $V_{\text{т}}=120\cdot10^{-6}~\text{M}^3/\text{c}$ (7,2 л/мин).

На рис. 11 представлены экспериментальные гидравлические характеристики опытных фильтрующих элементов. Видно, что усовершенствованный ФЭ имеет лучшую гидравлическую характеристику, а в целом экспериментальные кривые удовлетворительно согласуются с расчетными характеристиками, полученными с использованием формулы расчета начального гидравлического сопротивления топливного фильтрующего элемента со спиральными гофрами:

$$\Delta p_o = \frac{\mathbf{v}_{\scriptscriptstyle T} \mathbf{\rho}_{\scriptscriptstyle T} V_{\scriptscriptstyle T}}{\pi D^2 H} \lambda_{\scriptscriptstyle c}, \tag{3}$$

где:

$$\lambda_{c} = \left\{ 20 \ln(2) \overline{h}_{c} \left(\frac{D}{\delta} \right)^{2} \times \left[\frac{1}{\left[\left(\frac{\overline{t}}{k_{t}} \right)^{2} - \left(\frac{\overline{t}}{k_{t}^{2}} \right) \right]} + \left[\left(\frac{\overline{t}}{k_{t}} \right)^{2} - 2 \left(\frac{\overline{t}}{k_{t}^{2}} \right) \right] + \left(\frac{\delta^{2}}{K} \right) \frac{\overline{t}}{k_{c} \overline{h}_{c}} \right\},$$

здесь $\overline{h}_{\rm c}=\frac{h_{\rm c}}{D}$ — относительная длина спирального канала; $\overline{t}=\frac{t}{\delta}$ — относительный шаг гофрирования; $k_{\rm c}=0.7$. При $\overline{h}_{\rm c}=0.25,\ k_{\rm r}=1,\ k_{\rm c}=0.8$ формула (3) выражает гидравлическое сопротивление фильтрующего элемента с радиальными звездообразными гофрами. Зависимость (3) с принятыми коэффициентами может быть рекомендована для гидравлического расчета проектируемых Φ 9 со звез-



Таблица 11

Характеристики опытных фильтроэлементов

Характеристики фильтроэлементов	Опытный образец серийного ФЭ	Опытный образец усовершенствованного ФЭ	
Наружный диаметр — D , мм	80	80	
Внутренний диаметр — d , мм	40	40	
Высота – Н, мм	135	135	
Количество гофр $-n$, шт	66	66	
Материал шторы	БФДТ	БФДТ	
Высота (ширина) гофр $-h_{c}$, мм	20	40	
Тип шторы	Звездообразная с радиальными гофрами	Со спиральными гофрами	
Средства стабилизации гофр	_	Дренажные гребенчатые вставки в гофрах	

дообразной шторой и предлагаемой шторой со спиральными гофрами.

На рис. 11 показаны экспериментальные ресурсные характеристики опытных фильтрующих элементов в виде зависимости перепада давления на ФЭ от времени работы ФЭ на загрязненном топливе. Характер кривых близок к экспоненциальному. Видно, что при одинаковых условиях загрязнения топлива и циркуляции кривая $\Delta p = f(\tau)$ опытного $\Phi \Theta$ со спиральными гофрами более пологая. При этом наработка ФЭ серийной конструкции до $\Delta p_{\rm KD} = 150 \ {\rm K}\Pi {\rm a} \ {\rm cocтaвилa} \ 1,6 \ {\rm ч}. \ {\rm Hapa-}$ ботка усовершенствованного ФЭ составила 2,6 ч, т.е. этот фильтрующий элемент имеет условный стендовый ресурс в 1,62 раза больше, чем у серийного. Таким образом, фильтрующий элемент предлагаемой конструкции может быть рекомендован для сравнительных эксплуатационных испытаний на машинах ТАТРА-815.

Проведенное комплексное экспериментальное исследование загрязненности дизельного топлива для дизельных двигателей автомобильной и сельскохозяйственной техники под-

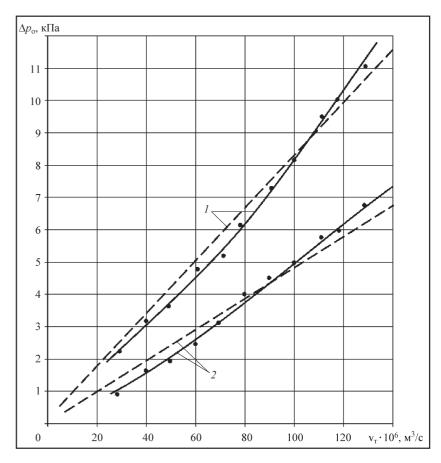


Рис. 11. Гидравлические характеристики опытных фильтрующих элементов: 1 — серийный (звездообразный) ТАТРА-815; 2 — усовершенствованный (со спиральными гофрами); пунктирные линии — расчет по формуле (3)



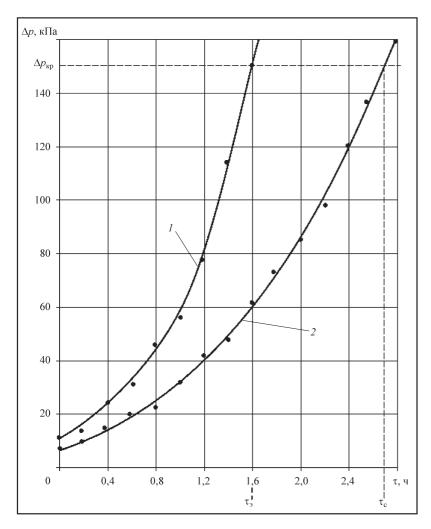


Рис. 12. Ресурсная характеристика опытных фильтрующих элементов: 1 — серийный (звездообразный) TATPA-815; 2 — усовершенствованный (со спиральными гофрами)

твердило значительную зависимость загрязненности и обводненности дизельного топлива от параметров и характеристик систем его очистки. Показано, что в процессе транспортировки и переливах дизельного топлива, заправки и эксплуатации транспортных средств происходит загрязнение дизельного топлива остаточными загрязнениями, а также атмосферной пылью и влагой. В результате средняя проба дизельного топлива содержит 0,0126 % загрязнений с размером частиц от 1 до 50 мкм, при этом увеличивается и содержание воды в топливе до 0,018 %. С целью изучения эффекта растворимости влаги атмосферного воздуха в топливе испытаны макеты топливной системы автомобиля. Предложена усовершенствованная конструкция фильтрующих элементов системы очистки

топлива. Проведенные испытания фильтрующих элементов тонкой очистки топлива серийной и усовершенствованной конструкций показали, что усовершенствованный фильтрующий элемент имеет ресурс, превышающий ресурс серийного фильтра в 1,62 раза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Кузнецов Е.С., Болдин А.П., Власов В.М. и др.** Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Нау-ка, 2001. 535 с.
- 2. **Епифанов Л.И., Епифанова Е.А.** Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Учебное пособие. М.: Издательский дом "ФОРУМ": ИНФРА-М, 2009. 352 с.
- 3. Алексеев В.П., Воронин В.Ф., Грехов Л.В. и др. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов / Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
- 4. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. 2-ое издание. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. 344 с.
- 5. **Гуреев А.А., Азев В.С., Камфер Г.М.** Топливо для дизелей. Свойства и применение. М.: Химия, 1993. 336 с.
- 6. **Бадыштова К.М., Берштадт Я.А., Богданов Ш.К. и др.** Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / Под ред. В.М. Школьникова. М.: Химия, 1989. 432 с.
- 7. Александров А.А., Архаров И.А., Марков В.А. и др. Нефтяные моторные топлива: экологические аспекты применения / Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2014. 691 с.
- 8. **Обельницкий А.М., Егорушкин Е.А., Чернявский Ю.Н.** Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости / Под ред. А.М. Обельницкого. М.: ИПО "Полигран", 1995. 272 с.
- 9. **Марков В.А., Савельев М.А., Селиванов А.В.** Способ улучшения экологических показателей дизелей // Автомобильная промышленность. 2014. № 8. С. 8—10.
- 10. Зыков С.А., Марков В.А., Трифонов В.Л. Загрязненность и обводненность дизельного топлива // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. 2017. № 4.
- 11. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия. М.: Изд-во Стандартинформ, 2009. 7 с.
- 12. ГОСТ Р 52368—2005. Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. М.: Изд-во Стандартинформ, 2009. 28 с.
- 13. ГОСТ 6370—83. Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей. М.: Изд-во Стандартинформ, 2007. 6 с.
- 14. **ГОСТ 2477—65.** Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды. М.: Изд-во Стандартинформ, 2008. 6 с
- 15. **Хаппель Д., Бреннер Г.** Гидродинамика при малых числах Рейнольдса. М.: Мир, 1976. 630 с.



УДК 621.43

ГАЗОДИЗЕЛЬНАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДИЗЕЛЯ 4Ч 11,0/12,5

В.А. Лиханов, д-р техн. наук; **О.П. Лопатин,** канд. техн. наук, ФГБОУ ВО "Вятская государственная сельскохозяйственная академия", г. Киров

Рассмотрены вопросы применения природного газа в качестве альтернативного топлива и снижения токсичности отработавших газов дизеля. Представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию природного газа и рециркуляции отработавших газов (рециркуляция применена для снижения возросших в результате перехода на газодизельный режим выбросов оксидов азота) на мощностные и экономические характеристики, показатели токсичности и дымности отработавших газов.

Ключевые слова: дизель; природный газ; рециркуляция отработавших газов; эффективные показатели; токсичность; отработавшие газы.

GASDIESEL MODIFICATION OF DIESEL 4F 11,0/12,5

Likhanov V.A., Dr. of technical sciences; **Lopatin O.P.,** Ph. D. of technical sciences, FGBOU IN "Vyatka State Agricultural Academy", Kirov

The article discusses the use of natural gas as alternative motor fuel and reduce the toxicity of exhaust gases of a diesel engine. The results of experimental studies on the effect of natural gas and exhaust gas recirculation (recycling applied to eliminate increased as a result of switching to gas mode, nitrogen oxide) on performance and economic characteristics, indicators of toxicity and smoke opacity of the exhaust gases.

Keywords: diesel; natural gas; exhaust gas recirculation; effective indicators; toxicity; exhaust gases.

Сокращение запасов нефтяных месторождений, повышение цен на нефть и нефтепродукты, острые экологические проблемы мегаполисов приводят к необходимости поиска замены традиционным нефтяным моторным топливам. А после подписания председателем правительства РФ Д.А. Медведевым распоряжения № 767-р от 13.05.2013 г. о разработке комплекса мер по использованию природного газа (ПГ) в качестве моторного топлива применение его в двигателях внутреннего сгорания получило новый имульс [1—4].

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов проведены исследования по переводу дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) на природный газ. Было установлено, что дизель устойчиво работает на природном газе при соотно-

шении: газа -80%, запальной порции дизельного топлива -20% (на номинальном режиме). В дальнейшем исследования рабочего процесса проводились именно в таком соотношении [5, 6].

Разработка модификации газодизеля предусматривала сохранение мощностных и экономических показателей, присущих серийному дизелю. Поскольку цели форсирования дизеля не было, то задача сводилась к определению параметров газового смесителя-дозатора, обеспечивающего с одной стороны подачу ПГ объеме, эквивалентном по теплоте сгорания дизельному топливу, а с другой стороны качественное смесеобразование газовоздушной смеси.

Для газодизельной модификации дизеля Д-240 был произведен расчет диаметра диффузора d смесителя-дозатора (рис. 1).



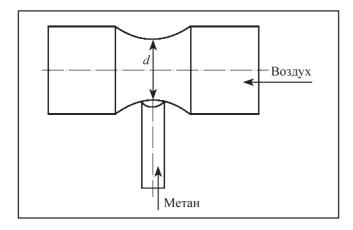


Рис. 1. Схема смесителя-дозатора для подачи природного ϵ аза: d — диаметр диффузора

Площадь диффузора F определяется по выражению:

$$F = \frac{G_{\text{cm}}}{C}$$

где $G_{\scriptscriptstyle{\mathrm{CM}}}$ — расход газовоздушной смеси; C — скорость воздуха во впускном патрубке.

Скорость воздуха во впускном патрубке определяется из выражения:

$$C = \sqrt{\frac{\Delta p 2g}{\rho}},$$

где Δp — разряжение; g — ускорение силы тяжести; ρ — плотность воздуха.

Для обеспечения конвертации дизельного и газодизельного процессов и для повышения эффективных показателей при работе по обоим циклам были сняты характеристики дизеля, позволяющие выявить закономерность этих показателей от диаметра диффузора (рис. 2).

Из кривых, представленных на рис. 2, следует, что с уменьшением диаметра диффузора менее 50 мм значительно ухудшается процесс наполнения цилиндров свежим зарядом вследствие повышения сопротивления на впуске, что влечет за собой увеличение часового и удельного эффективного расходов топлива, ухудшение процесса сгорания из-за нехватки кислорода и падение эффективного коэффициента полезного действия. Увеличение диаметра диффузора выше 50 мм не оказывает су-

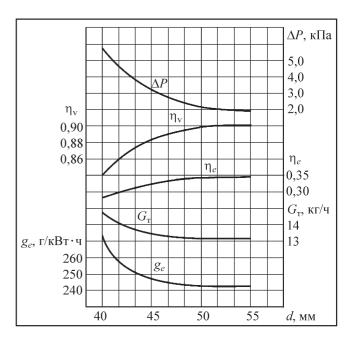


Рис. 2. Зависимость эффективных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 от диаметра диффузора газового смесителя-дозатора при работе по дизельному циклу при n=2200 мин $^{-1}$ и $p_e=0,64$ МПа

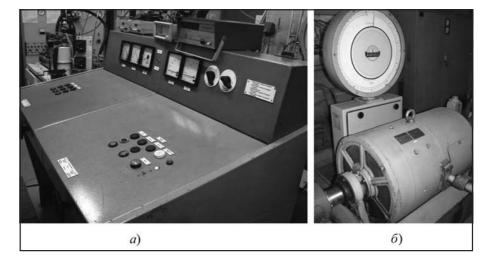
щественного влияния на улучшение эффективных показателей, по сравнению со штатным впускным коллектором (d = 60 мм). Поэтому для получения качественного смесеобразования по газодизельному циклу и штатных значений эффективных показателей при конвертации обратно в дизельный процесс диаметр диффузора газового смесителя-дозатора был принят диаметром 50 мм. Количество природного газа, поступающего в цилиндры, регулировалось дроссельной заслонкой, установленной в смесителе-дозаторе, а максимальное количество газа для получения номинальной мощности, исключая форсирование по среднему эффективному давлению, ограничивалось изменяющимся проходным сечением кольцевой щели диффузора смесителя-дозатора.

В качестве загрузочного устройства при испытаниях дизеля применялся электротормозной стенд SAK-N670 с балансирной маятниковой машиной (рис. 3). Установка (рис. 4) была оборудована необходимым измерительным комплексом:

- частоту вращения коленчатого вала измеряли с помощью электронного цифрового тахометра ТЦ-1;
- расход топлива определяли с помощью электронного расходомера АИР-50;



Рис. 3. Электротормозной стенд: a — пульт управления стендом; δ — балансирная маятниковая машина



— расход воздуха, потребляемого дизелем, определяли с помощью газового счетчика РГ-400, установленного перед впускным ресивером и счетчиком импульсов МЭС-66.

Для индицирования процесса сгорания в цилиндре дизеля применяли электропневматический индикатор МАИ-5А. Отбор проб ОГ производили газозаборниками системы АСГА-Т, установленными на выпускном трубопроводе двигателя. Дымность отработавших газов измеряли с помощью дымомера BOSCH-EFAW-68A [7].

Регулировочные характеристики в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ) дизеля 4Ч 11,0/12,5 на частоте вращения 2200 мин⁻¹ (номинальный скоростной режим) для мощностных и экономических показателей представлены на рис. 5.

Анализ графиков, соответствующих работе газодизельного и газодизельного с рециркуляцией отработавших газов (РОГ — была применена для ликвидации возросших в результате перехода на газодизельный режим выбросов оксидов азота)

процессов при n = 2200 мин⁻¹, показывает, что при работе по газодизельному и газодизельному с РОГ процессам установочный УОВТ при частоте вращения 2200 мин⁻¹ по условию наилучшей экономичности соста вляет $\Theta_{\mbox{\tiny BПP}} = 23^{\circ}$. Часовой расход топлива при газодизельном процессе и $\Theta_{\text{впр}} = 23^{\circ}$ составляет 11,4 кг/ч, а для газодизельного процесса с 10%-ной РОГ 11,7 кг/ч, что больше на 2,6 %. Удельный эффективный расход топлива при $\Theta_{\mbox{\tiny BRD}} =$ = 23° составляет 207 г/кВт·ч, а при газодизельном процессе с 10%-ной РОГ 212 г/кВт-ч, что выше на 2,4 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр}} = 26^{\circ}$ на газодизельном процессе происходит возрастание удельного эффективного расхода топлива и незначительное снижение мощности. При снижении $\Theta_{\mbox{\tiny BIID}}=20^{\circ}$ происходит увеличение удельного расхода топлива, а также падение эффективной мощности двигателя.

Таким образом, исходя из минимального удельного расхода топлива g_e , для всех режимов работы дизеля, оптимальным при работе на $\Pi\Gamma$ (в том чис-

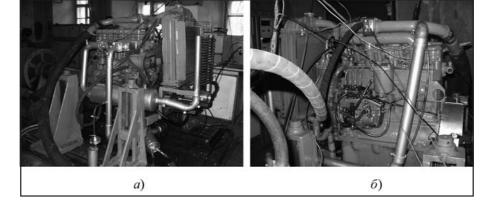


Рис. 4. Общий вид двигателя, установленного на стенд: a — вид на систему РОГ; δ — вид на смеситель-дозатор природного газа и подвод рециркулируемых газов



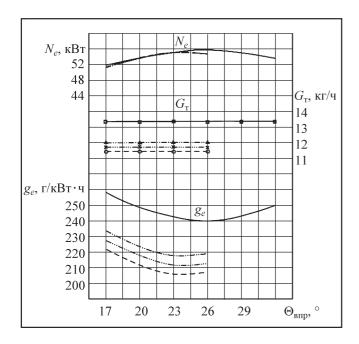
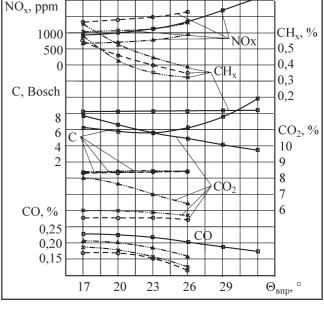


Рис. 5. Влияние применения ПГ на мощностные и экономические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при п = 2200 мин⁻¹:

— — дизельный процесс; — — газодизельный процесс; — — газодизельный с РОГ 10 %; д— — — газолизельный с РОГ 20 %



ле и с РОГ) является установочный УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 23^{\circ}$. Уменьшение значения от оптимального установочного УОВТ при работе на режиме максимальной нагрузки приводит так же к увеличению жесткости процесса сгорания, сопровождаемой стуками в цилиндро-поршневой группе. Увеличение же значения от оптимального установочного УОВТ может привести к недопустимому повышению температуры охлаждающей жидкости в дизеле и, как следствие, к его перегреву [8].

Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ представлено на рис. 6.

Анализируя графики изменения показателей токсичности при работе на ПГ можно отметить, что с увеличением установочного УОВТ возрастает содержание в ОГ оксидов азота NO_x и незначительно сажи C, снижается содержание оксида CO и диоксида углерода CO_2 и суммарных углеводородов CH_x . Применение на газодизеле РОГ не изменяет характер протекания кривых относительно установочного УОВТ и приводит к снижению содержания в ОГ оксидов азота NO_x и суммарных углеводо-

родов СН_х (на установочных УОВТ 20—26° при степени РОГ 10 %), незначительному повышению содержания сажи С и повышению содержания оксида СО и диоксида углерода СО₂. Кроме того, необходимо отметить, что применение РОГ позволяет уменьшить объем ОГ на величину закона подачи рецикулируемых газов и, следовательно, в относительном выражении уменьшает весь спектр токсичных компонентов ОГ.

Так, рассматривая содержание оксидов азота в ОГ при $n=2200~{\rm Muh^{-1}}$, можно отметить, что при изменении установочного УОВТ содержание оксидов азота при работе по газодизельному и газодизельному с РОГ процессам изменяется по зависимости, аналогичной зависимости дизельного процесса. Например, при работе газодизеля с 10%-й РОГ при $\Theta_{\rm впp}=23^{\circ}$ содержание ${\rm NO_x}$ в ОГ составляет 1100 ррт, что ниже на 24,1~% газодизельного процесса, соответствует дизельному процессу и ниже на 15,4~% работы газодизеля с 10%-й РОГ при $\Theta_{\rm впp}=26^{\circ}$. Дальнейшее увеличение степени РОГ приводит к еще большему снижению содержания оксидов азота, но вызывает рост образова-



ния продуктов неполного сгорания. Газодизельный процесс сопровождается увеличением выбросов суммарных углеводородов — их содержание в ОГ выше в 4-5 раз по сравнению с дизельным процессом. Изменение концентрации CH_x в зависимости от установочного УОВТ при газодизельном процессе с РОГ и без нее уменьшается при увеличении установочного угла. При работе газодизеля с 10%-ной

РОГ при $\Theta_{\text{впр}} = 23^{\circ}$ содержание СН_х в ОГ составляет 0,36 %, что ниже на 9,9 % газодизельного процесса. Применение 20%-ной РОГ приводит к увеличению СН_х до величин превышающих значения чисто газодизельного процесса. Анализ содержания сажи в ОГ при работе по газодизельному процессу с РОГ и без нее показывает, что при увеличении установочного УОВТ содержание сажи практически не возрастает. Применение РОГ приводит к незначительному росту образования сажи, в то время как при работе по дизельному процессу концентрация сажи существенно возрастает. Концентрация сажи при газодизельном процессе с РОГ и без нее ниже дизельного процесса в 4-5 раз. Содержание СО при увеличении угла при работе по газодизельному процессу с РОГ так же уменьшается. При работе по газодизельному процессу с 10%-ной РОГ при $\Theta_{\mbox{\tiny BIID}}=23^{\circ}$ содержание СО в ОГ выше на 6,7 % газодизельного процесса, ниже на 23,8 % дизельного процесса и выше на 23,1 % работы газодизеля с 10%-ной РОГ при $\Theta_{\text{впр}} = 26^{\circ}$. Содержание СО₂ при увеличении угла при работе по газодизельному процессу с РОГ уменьшается, и при увеличении рециркуляции уменьшение происходит в большей степени. Так при работе газодизеля с 10%-ной РОГ при $\Theta_{\text{впр}} = 23^{\circ}$ содержание СО₂ в ОГ выше на 5,4 % газодизельного процесса, ниже на 45,9 % дизельного процесса и выше на 1,7 % работы газодизеля с 10%-ной РОГ при

На основании проведенных исследований дизеля 4Ч 11,0/12,5 разработана техническая и конструкторская документация и создан макетный образец трактора МТЗ-80 с системой питания, модернизированной для работы на ПГ с РОГ (рис. 7), имеющий улучшенные экологические показатели и предназначенный для работы в городской черте





Рис. 7. Система питания на ПГ на тракторном дизеле

для нужд спецавтохозяйств, а также в помещениях с ограниченным воздухообменом и в экологически экстремальных условиях; проведены его функциональные испытания.

Запуск дизеля производится на дизельном топливе, а затем включается подача ПГ и работа трактора осуществляется путем регулирования подачи газа и рециркулируемых газов по всережимной характеристике. Запальная доза дизельного топлива остается постоянной. Перевод работы дизеля на ПГ с системой РОГ и обратно осуществляется переключением электромагнитных клапанов фиксации запальной дозы дизельного топлива и подачи газа, одним сблокированным тумблером. Система управления подачи рециркулируемых газов представлена на рис. 8.

Для всех частот вращения коленчатого вала газодизеля увеличение степени рециркуляции на различных нагрузочных режимах приводит к большему снижению концентрации оксидов азота в ОГ. Регулирование подачи рециркулируемых газов позволяет снизить не только содержание оксидов азота в ОГ газодизеля 4Ч 11,0/12,5 до уровня ниже чем у дизельного процесса, но и уменьшить выброс суммарных углеводородов. При этом эффективные и экономические показатели работы газодизеля ухудшаются не более чем на 3,5 %.

Применение регулируемой РОГ позволяет снизить в ОГ газодизеля 4Ч 11,0/12,5 NO_x до 60 % и СН_x до 10 %. Комплексная система снижения токсичности, включающая в себя применение регулируемой РОГ и природного газа может быть использована как на новых тракторах, так и на находящихся в эксплуатации. Монтаж системы не требует дорогостоящего оборудования, значительных конструктивных изменений и может быть осуществлен в условиях специализированных мастерских хозяйств и РТП.



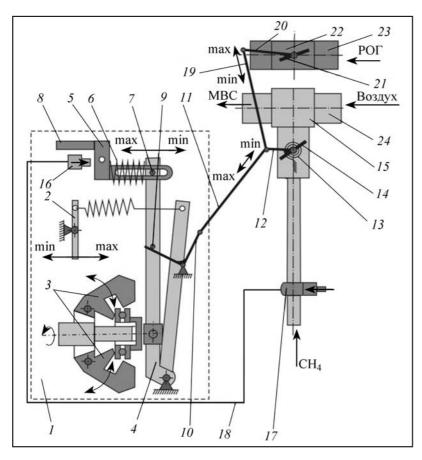


Рис. 8. Система регулирования подачи рециркулируемых газов во впускной коллектор газодизеля 4Ч 11,0/12,5:

1 – регулятор топливного насоса; 2 – рычаг управления; 3 – грузы регулятора; 4 – рычаг обогатителя; 5 – тяга рейки; 6 – пружина;
7 и 9 – штифты; 8 – рейка топливного насоса; 10 – двуплечий рычаг;
11 – тяга; 12 – рычаг газовой заслонки; 13 – пружина газовой заслонки; 14 – газовая заслонка; 15 – газовый смеситель-дозатор;
16 – электромагнитный клапан фиксации рейки топливного насоса;
17 – электромагнитный клапан подачи газа; 18 – электрический про-

водник; 19 — тяга; 20 — рычаг управления рециркуляцией; 21 — заслонка; 22 — корпус дозирующего устройства по дачи рециркулируемых газов; 23 — рециркуляционный трубопровод; 24 — впускной трубопровод

Выводы. На основании рассмотрения современного состояния проблемы токсично сти, способов снижения токсичности, проведенных расчетно-теоретических и экспериментальных исследований дано решение улучшения экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) с камерой сгорания ЦНИДИ (Центральный научно-исследовательский дизельный институт) при работе на ПГ с РОГ.

На основании экспериментальных стендовых исследований рабочего процесса дизеля

4Ч 11,0/12,5 при работе на ПГ с РОГ установлена закономерность подачи рециркулируемых газов в зависимости от нагрузки дизеля, позволяющая регулировать до 40 % ОГ.

Экспериментальными исследованиями рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на КПГ с РОГ установлено, что система питания на КПГ позволяет замещать до 80 % дизельного топлива, при этом происходит снижение содержания токсичных компонентов в ОГ: сажесодержания в 5,8 раз; СО на 23,8 %; СО $_2$ на 45,9 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Распоряжение** правительства Российской Федерации "О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива" от 13.05.2013 г., № 767-р.
- 2. **Arent D.J., Wise A., Gelman R.** The status and prospects of renewable energy for combating global warming // Energy Economics. 2011. Vol. 33. Issue 4. July. P. 584–593.
- 3. **Lif A., Holmberg K.** Water-in-diesel emulsions and related systems // Advances in Colloid and Interface Science. 2006. Vol. 123. № 126. P. 231–239.
- 4. **Фортов В.Е., Попель О.С.** Состояние развития возобновляемых источников энергии в мире и России // Теплоэнергетика. 2014. № 6. С. 4—13.
- 5. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Исследование процессов образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом: Монография / Под общей редакцией В.А. Лиханова. Киров, 2015. 127 с.
- 6. **Лиханов В.А., Лопатин О.П.** Нагрузочные режимы работы газодизеля с рециркуляцией отработавших газов // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2016. № 11 (116). С. 10—16.
- 7. **Лиханов В.А., Лопатин О.П.** Исследование скоростного режима дизелей семейства ММЗ при работе на природном газе // Инженерный журнал: наука и инновации. 2017. № 1 (61). 12 с.
- 8. **Лиханов В.А., Лопатин О.П.** Применение природного газа в дизеле с турбонаддувом // Транспорт на альтернативном топливе. 2016. № 4 (52). С. 35—43.



УДК 66.084.8; 66.086.4; 66.088

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ

И.А. Сафарли, Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, г. Баку

Представлены современное состояние и перспективные направления процессов обессеривания и деароматизации дизельных топлив. Рассмотрены варианты воздействия на углеводородное сырье различных волновых воздействий с целью интенсификации процессов его переработки. Приведен механизм влияния магнитного поля на молекулы углеводородов.

Ключевые слова: обессеривание; деароматизация; парамагнетизм; дисперсная система; дисперсная частица; адсорбция; адсорбционная деароматизация.

THE USE OF MAGNETIC FIELDS FOR THE INTENSIFICATION OF PROCESSING OF DIFFERENT TYPES OF OIL FEEDSTOCK

Safarli I.A., Institute of Petrochemical Processes named after Yu.G.Mamedaliyev, Baku

The modern state and perspective areas of the process of desulfurization and dearomatization of diesel fuels have been shown. The options of various wave influences to hydrocarbon feedstock for the purpose of intensification of the treatment processes were considered. It was given the mechanism of magnetic field influence to the molecules of hydrocarbons.

Keywords: desulfurization; dearomatization; paramagnetism; disperse system; disperse particle; asdorbtion; adsorbtion dearomatization.

На сегодняшний день, в связи с увеличением спроса на моторные топлива и ухудшением эколоческой обстановки, во многих странах мира нефтеперерабатывающая промышленность стоит перед решением проблем, связанных с введением более строгих стандартов на моторные топлива и продукты их сгорания. Наблюдаемая в последнее десятилетие дизелизация автотранспорта ставит задачу улучшения показателей качества дизельных топлив в центр внимания (табл. 1, 2). [1]

Азербайджан с 2013 г. перешел на выпуск дизельных топлив, удовлетворяющих требованиям "Евро—3". Качество выпускаемых на сегодняшний день на нефтеперерабатывющем заводе им. Г. Алиева дизельных топлив регламентируются ТУ AZS 376-2009. Содержание серы в них колеб-

лется в пределах 50–150 ррт, однако содержание ароматических углеводородов значительно превышает допустимые нормы и составляет 24-29 % масс., что связано с тем, что в настоящее время для увеличения ресурсов дизельного топлива в составе товарных дизельных топлив наряду с прямогонной дизельной фракцией содержатся также среднедистиллятные фракции вторичных процессов, такие как легкий газойль каталитического крекинга и коксования. Эти фракции содержат в своем составе значительно больше полициклических серосодержащих ароматических соединений по сравнению с прямогонной дизельной фракцией, что и вызывает необходимость проведения процессов глубокой и сверхглубокой десульфуризации [3-4].



Экологический

стандарт

Евро-1

Евро-2

Евро-3

Евро-4

Евро-5

Евро-6

0,025

0,005

0,005

Таблица 1

Евронормы выбросов для легковых автомобилей, г/км Летучие органические Взвешенные HC+NO_x HC NO_x частицы вещества 2,72 (3,16) 0,97 (1,13) 0,14 (0,18) 0,7 0,08 0,50 0,56 0,05

0,25

0,180

0,080

Ниже приводится перечень предлагаемых на сегодняшний день процессов обесеривания и деароматизации дизельных топлив и вторичных среднедистиллятных фракций.

CO

1,0

0,64

0,50

0,500

0,500

- Применение обычной гидродесульфуризации.
- Ультраглубокое обессеривание среднего дистиллята.
- Ультраглубокое гидрообессеривание (Syn-HDS) и гидродеароматизация (увеличение цетанового числа путем раскрытия ароматических колец (SynShift) среднего дистиллята.

0,30

0,230

0,170

• Двухэтапная гидроочистка для дизельного топлива с ультранизким содержанием серы с исполь-

Таблица 2 Основные показатели качества дизельных топлив по стандартам "Евро-2" - "Евро-5"

	Стандарт по огрпичению содержания вредных веществ в отработавших газах двигателей				
Показатели	Евро-2 1996	Евро-3 2000	Евро-4 2005	Евро-5 2009	
Содержание серы, % масс, не более	0,05	0,035	0,005	0,001	
Цетановое число, не менее	49	51	55	55	
Содержание ПАУ, %, не более	Не норм.	11	11	5	
Смазывающая способность при 60 °C, мкм, не более	Не норм.	460	460	460	
Фракционный состав: 95 % перегоняется до , °C	370	360	360	350	
Плотность при 15 °C, кг/м ³	820-860	820-845	820-845	820-845	
Окислительная стабильность, не более	Не норм.	25	25	25	
Содержание метиловых эфиров жирных кислот, %, не более	_	5	5	7	



зованием промышленных катализаторов высокой активности серии ТК.

- Ультраглубокое гидрообессеривание, гидродеазотирование и гидрирование дистиллятных топлив.
- Гидродеароматизация (HDAr) средних дистиллятов на втором этапе.
- Адсорбция серы твердым сорбентом при повышенных температурах и низком давлении водорода.
- Селективная адсорбция органических соединений серы в дизельном топливе, твердым адсорбентом при комнатной температуре без использования водорода.
- Окислительная десульфуризация химическим окислением в жидкой фазе.
- Биообессеривание дистиллятных топлив [6–19].
- Предварительная глубокая гидроочистка сырья FCC для удаления серы.
- Уменьшение в составе сырья FCC фракций с высоким содержанием серы.

Самым распространенным современным процессом получения малосернистых дизельных топлив является гидроочистка — одноступенчатый процесс, проходящий в более мягких, по сравнению с гидрокрекингом и деструктивной гидрогенизацией, условиях. Процесс протекает при $350-430\,^{\circ}\mathrm{C}$, $3,0-6,0\,\mathrm{M}\Pi\mathrm{a}$, циркуляции водородсодержащего газа $100-600\,\mathrm{m}^3/\mathrm{m}^3$ сырья и объемной скорости $1-3\,\mathrm{u}^{-1}$ с применением катализатора (обычно алюмокобальтмолибденовый или алюмоникельмолибденовый).

Гидроочистке (или гидрооблагораживанию) может подвергаться различное сырье, получаемое как при первичной перегонке нефти, так и при термокаталитических процессах, от газа до масел и парафина. При гидроочистке происходит частичная деструкция в основном сероорганических и частично кислород- и азотсодержащих соединений. Продукты разложения насыщаются водородом с образованием сероводорода, воды, аммиака и предельных углеводородов. В данных условиях не происходит насыщения ароматических колец, и содержание ароматических (полиароматических) углеводородов остается высоким. В связи с этим возникает необходимость проведения глубокого и сверхглубокого гидрирования.

Кроме того, необходимость глубокой десульфуризации дизельного топлива вызвана более низкой реактивностью дизамещенных дибензотиофенов по сравнению с любыми другими соединениями серы в базовых компонентах дизеля.

Например, метильные группы в 4- и 6- положениях создают стерический барьер для взаимодействия серы и активных центров на катализаторах. Проблема усугубляется ингибирующим эффектом полиароматических и азотных соединений, имеющихся в базовых компонентах дизельного топлива, а также H₂S, который существует в системе реакции при глубоком гидрообессеривании. На основании экспериментальных результатов было выявлено, что полиароматические соединения конкурируют с сернистыми соединениями в процессе хемосорбции на поверхности катализаторов гидроочистки, тем самым влияя на гидрогенизацию и последующую гидродесульфуризацию, в то время как Н₂S конкурирует с сернистыми соединениями, влияя больше на прямой маршрут С-Ѕ гидрогенолиза [27, 28].

В настоящее время самыми распрастраненными катализаторами гидроочистки являются сульфидированные Со—Мо и Ni—Мо, нанесенные на оксид алюминия и в условиях традиционного процесса гидроочистки этот тип катализаторов не способен существенно снизить содержание ароматичесих углеводородов в составе перерабатываемого дизельного топлива в связи с равновесными ограничениями в типичных, и даже жестких условиях гидроочистки [29—31].

Среди новых направлений процессов обессеривания и деароматизации дизельных топлив следует выделить следующие направления:

- 1 адсорбционная и экстракционное удаление атомов серы с использованием восстановленных металлов или оксидов металлов, реагирующих с серой с образованием сульфидов металлов при повышенных температурах в атмосфере H_2 без гидрирования ароматических соединений;
- 2 селективное поглощение соединений серы (SARS) удаление серы путем селективного взаимодействия с соединениями серы в присутствии ароматических углеводородов при температуре окружающей среды или мягких условиях, без использования водорода;
- 3 жидкофазное окисление серосодержащих соединений с использованием или без ультразвукового излучения с последующим разделением окисленных соединений серы;



4 — десульфуризация с использованием особых бактерий.

В последнее время актуальным направлением активации уже исследованных химических процессов является изучение их под воздействием различных внешних физических факторов.

В качестве внешних воздействий, влияющих на нефтяные дисперсные системы, в том числе и структуру веществ, могут быть использованы электрические, электромагнитные, магнитные, вибрационные или акустические поля. При этом сравнительно легко достигаются эффекты, соответствующие увеличению или, наоборот, снижению упорядоченности в надмолекулярной структуре веществ. Эти методы являются наиболее перспективными в виду их экономичности, эффективности и доступности. Их использование позволяет за короткий промежуток времени достичь значительного уровня разрушения структуры нефтяных ассоциатов и поддерживать этот уровень в течение определенного времени.

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

Среди перечисленных волновых воздействий на сегодняшний день наименее энергозатратными являются магнитные поля, создаваемые как постоянными магнитами, так и переменным электромагнитным полем.

В изучении воздействия магнитного поля на протекание тех или иных химических процессов особый упор делается на строение молекул углеводородов и их ассоциатов.

При изучении нефтяных систем нельзя ограничиваться только выяснением фракционного, группового и химического состава, данными элементного анализа и т. п. Не менее важно знать, в каком состоянии — молекулярном или дисперсном — находится данная система в исследуемом интервале внешних условий. Закономерности поведения и физико-химические свойства нефтяной системы в молекулярном или дисперсном состоянии даже при одинаковом составе могут существенно отличаться [32].

Реальные нефтяные системы, ввиду сложности их состава, являются полигетерофазными дисперсными системами различных типов, что чрезвычайно усложняет выявление особенностей их поведения. Так, нефтяными дисперсными системами являются парафиносодержащие нефти и нефтепродукты. В различных нефтях содержание парафинов колеблется от долей процента до 20 %. По мере понижения температуры из нефти выделяются кристаллы парафина (твердых углеводородов), образующие структуры, размеры и количество которых в объеме изменяются. Благодаря действию адгезионных сил часть жидкой фазы ориентируется вокруг надмолекулярных структур в виде сольватных слоев определенной толщины. При определенной, достаточно низкой температуре, кристаллы парафинов сцепляются, что приводит к возникновению пространственной гелеобразной структуры, в ячейках которой иммобилизована часть дисперсионной среды. Система при этом приобретает структурно-механическую прочность. Установлено [33, 34], что присутствие сложных асфальтеновых веществ способствует стабилизации устойчивости дисперсий парафина.

В свою очередь, нефти и нефтепродукты с высоким содержанием ароматики также представляют собой НДС, в которых высокомолекулярные арены и смолистоасфальтеновые вещества являются образующими структурами, состав, устойчивость, размер и количество которых зависят от внешних условий.

Значительное место в научно-исследовательских разработках занимает изучение воздействия на нефтяную систему внешних факторов, в частности волновые воздействия с целью изменения соотношения фаз и размеров дисперсных частиц и, таким образом, активности системы в целом.

Согласно представлениям проф. Ф.Г. Унгера [35—37], дисперсная частица может быть представлена как центрально-симметричное образование с плотным ядром, содержащим парамагнитные молекулы (высокомолекулярные парафины, высококонденсированная ароматика, гетероциклические соединения, металлоорганика), вокруг которых группируются ароматические, нафтеновые и парафиновые углеводороды в соответствии со значениями потенциалов парного взаимодействия, с постепенным снижением плотности потенциала межмолекулярного взаимодействия от центра частицы к ее периферии. При этом дисперсионная



среда является также многокомпонентным нефтяным раствором. Описывают также ядро не как плотное симметричное тело, а как сетчатую структуру, пронизанную диамагнитными молекулами [36, 38].

Размеры дисперсных частиц изменяются в зависимости от природы НДС. Так, для прямогонных дистиллятных фракций средний размер частиц по данным электронной микроскопии составил от 0,2 до 100 нм. Для очищенной масляной фракции эти значения составили 30—60 нм, для вакуумных дистиллятов — от десятков до сотен нанометров, для остаточных прямогонных нефтепродуктов — более сотни нанометров [39, 40].

Парамагнетизм нефтепродуктов и нефтеподобных веществ, оцениваемый числом парамагнитных центров (ПМЦ), изменяется от 10^{15} спин/г для бензиновой фракции, до 10^{22} для прокаленных коксов. Стабильными парамагнитными характеристиками обладают асфальтены или более конденсированные соединения, составляющие ядро дисперсной частицы. Близлежащий к ядру слой молекул, преимущественно смолы, обладает в целом диамагнитными характеристиками, однако именно они являются потенциальным источником образования радикалов под влиянием внешних воздействий [36]. Изучены парамагнитные характеристики остаточных продуктов перегонки газоконденсата и нефти: зарегистрированное количество ПМЦ изменялось от 61 017 до 51 018 в зависимости от природы нефтепродукта. Для всех образцов наибольший эффект от магнитного воздействия наблюдали при наименьшей скорости: увеличение парамагнитной активности составляло 38-57 % [41]. Снижение количества ПМЦ в нефтяных остатках через несколько часов после воздействия магнитным полем объясняется процессом рекомбинации радикалов, что согласуется с данными в [35].

Механизм влияния магнитного поля на молекулы углеводородов и их ассоциатов подробно изложен в работе [42].

При наложении магнитного поля на нефтяную систему происходит ориентация спинов в направлении вектора поля или против него. Воздействие магнитного поля вызывает магнитоупорядочение, приводящее к возникновению сильнокоррелированных систем, проявляющих коллективные свойства. При этом молекулы изменяют свое местоположение в пространстве, нарушая сложившуюся

организацию. Изменения межъядерных расстояний и искажения геометрии молекул, вызванные столкновениями, приводят в действие законы изменения энергии взаимодействия между ядрами в зависимости от расстояния, за чем следуют квантовые скачки электронных переходов и элементарные акты гомолиза. Это ведет к возникновению диссоциативно-ассоциативных процессов. Рост количества дисперсной фазы за счет массы дисперсионной среды проходит по механизму свободнорадикальных процессов гомолиза или возбуждения, в результате чего образуется все большее количество радикалов, которые, в свою очередь, связывают парамагнитные молекулы в ассоциаты за счет обменных взаимодействий [36, 43, 44].

Смолистые вещества присутствуют практически во всех нефтепродуктах, начиная от бензиновых фракций, заканчивая остатками, за исключением глубокогидроочищенных светлых фракций [40]. Энергия этих связей весьма низка и составляет порядка 0,5-25 кДж/моль [36]. Это дает основания полагать, что энергетически слабые внешние воздействия способны оказывать заметное влияние на состояние НДС. Они способны приводить к гомолитической диссоциации гетеросоединений и углеводородов, имеющих низкую энергию связей, в особенности диамагнитных молекул смол (при этом возникают новые радикалы), к деформации или распаду водородных связей, а также за счет изменения мультиполь-мультипольных взаимодействий. Экспериментально установлено, что энергия активации фотолиза раствора о-метилбензол-ацетата в ацетоне составляет 2,5–25 кДж/моль при комнатной температуре [45]. Под действием магнитного поля происходит возникновение новых радикалов или бирадикалов вследствие синглет-триплетного перехода. Магнитный эффект в радикальных реакциях - объект изучения химиков, в том числе российских [46, 47], в течение последних десятков лет. Магнитный эффект синглет-триплетных переходов (S-T) порождает химическую поляризацию электронов (ХПЭ) и ядер (ХПЯ). Спиновая поляризация и магнитные эффекты в радикальных реакциях – два тесно взаимосвязанных явления, базирующихся на общем физическом механизме. Процессы квантового возбуждения частиц и межчастичных образований в структуре конденсированных сред и последующая релаксация возбужденных состояний в сильной степени опосредованы межчастичными (межмоле-



кулярными взаимодействиями), которые носят коллективный характер [48].

Существенно также, что обсуждаемый механизм магнитных эффектов в радикальных реакциях не может быть ассоциирован с изменениями энергетики реакций, поскольку энергетика некоторых магнитных взаимодействий (эффект Зеемана) на несколько порядков ниже, чем тепловая энергия при комнатной температуре. Влияние магнитного поля на систему связано с такими превращениями системы, при которых ее энергия изменяется незначительно (метастабильное состояние). Для преодоления энергетического барьера необходима энергия активации, которая может быть изменена ничтожно малым воздействием на систему (например, в катализе), а таким воздействием может стать магнитное поле (рис. 1).

В условиях динамического воздействия магнитного поля (при пересечении магнитного поля потоком жидкости) энергия перекачивания жидкости, возможно, является некоторым добавочным источником изменения изобарно-изотермического потенциала системы [49]. Образование новых радикалов способствует перестройке НДС и усиливает влияние магнитного поля на систему.

Использование магнитного поля в нефтепереработке и нефтедобыче нашло применение для интенсификации добычи нефти на поздней стадии разработки месторождений и ее обезвоживания и обессоливания. Авторами исследований [50, 51] выявлено влияние магнитной обработки различной частоты и напряженности на остаточную обводненность нефти, добываемой в нефтегазодобывающем управлении (НГДУ) "Уфанефть", а также

Рис. 1. Спиновая модель взаимодействия молекулярных систем под воздействием постоянного магнитного поля

представлены результаты внедрения установок магнитной обработки промысловой жидкости, добываемой в НГДУ "Арланнефть".

Воздействие постоянного магнитного поля на тяжелые нефтяные остатки перед началом перегонки позволяет увеличить глубину отбора дистиллятов, а при равном отборе дистиллятных фракций температура процесса может быть снижена на 20—30 °C в зависимости от типа остаточного нефтепродукта, что существенно снижает энергозатраты на проведение процесса вакуумной разгонки.

Влияние магнитной обработки дизельного топлива на эффективность работы двигателя, увеличение его надежности, улучшение экологичности изучено авторами [52]. Установлено, что в результате снижения поверхностного натяжения дизельного топлива под воздействием магнитного поля в топливно-воздушной смеси образуются более мелкие капли, что, в свою очередь, облегчает горение, обеспечивая полноту сгорания топлива. Как результат, в выхлопных газах на 70 % уменьшается содержание монооксида углерода и снижается расход топлива.

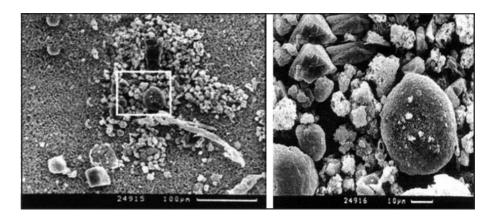
Процесс сжигания дизельного топлива под действием магнитного поля изучен также в работах [53–57]. По результатам исследований авторов причиной загрязнения воздуха является неполное сгорание дизельного топлива в результате неоднородности частиц углеводородов, входящих в его состав (рис. 2).

Частицы дизельной сажи, являются наиболее опасными для здоровья. Твердые частицы состоят

в основном из углеродистых конгломератов, которые могут привести к неполному сгоранию. Плохое перемешивание смеси в цилиндре способствует большему образованию твердых частиц. Исследователи в Университете Западной Вирджинии (США) обнаружили, что при температурах выше 500 °C частицы состоят исключительно из кластеров углерода, в то время как при более низкой температуре углеводороды с высокой молекулярной массой конденсируются в сгустки, которые полнее сгорают в цилиндре при условии достаточного количества кислорода.



Рис. 2. Увеличенное изображение частиц дизельного топлива



Полевые испытания устройств магнитной обработки топливной магистрали показали большой потенциал в сокращении выбросов твердых частиц для всех видов высоко- и средне- скоростных дизельных двигателей. Одной из возможных причин эффективного сгорания может быть наличие полярных составляющих в дизельном топливе, среди которых именно ароматические соединения привлекают внимание, так как в процессе сгорания дизельных топлив их количество резко увеличивается.

Бензол является общим строительным блоком ароматических соединений. На рис. 3 показано распределение заряда на молекуле бензола. Асимметричное распределение заряда является источником магнитных дипольных моментов, что делает эти соединения восприимчивыми к манипуляции в магнитном поле.

В молекулах углеводородов, помимо ковалентных и ионных связей, действуют т.н. лондонские силы, являющиеся результатом движения электронов в полярных молекулах, которые и производят временные дипольные моменты. Эти силы считаются слабымими силами притяжения (примерно 1/100 силы ионных или ковалентных связей). При прохождении топлива через магнитное поле, сила Лоренца, действующая на эти полярные компоненты топлива, смещает распределение заряда, создавая тонкие изменения в слабых силах связи, таких как лондонские силы.

На рис. 4 представлено схематическое изображение того, как магнитное поле влияет на существующий баланс и возбуждает электроны в достаточном количестве молекул, чтобы прервать или предотвратить их скопление. На данном рисунке показаны три вертикальные длинноцепочечные молекулы потока жидкости, протекающей через магнитное поле. Две молекулы слева притянулись

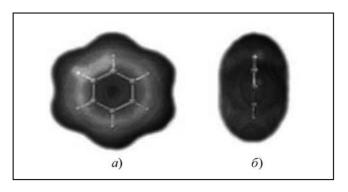


Рис. 3. Распределение заряда на молекуле бензола без (a) и под воздействием магнитного поля (б)

и образовали скопление, а третья цепь сопротивляется или отрывается от агрегации из-за влияния магнитного поля.

Эффект влияния магнитного поля на качество топлив и продукты их сгорания уже используется в автомобилях, в частности Ford Taurus, Toyota Corolla, Jeep Grand Cherokee, установивших магнитоактиваторы на пути попадания топлива из топливного бака в цилиндры. Состав отработавших газов, получаемых при этом в сравнении с горением без влияния магнитного поля, представлен в табл. 3.

Как видно из представленных результатов, протекание топлива через магнитоактиватор приводит к значительному улучшению состава отработавших газов. Особенно это заметно на содержании монооксида углерода, уменьшающегося от 3,6 до 17 раз при использовании магнитоактиваторов.

Не менее впечатляющие результаты получены и для содержания несгоревших углеводородов. Так уменьшение последних для автомобилей Ford Taurus, Toyota Corolla, Jeep Grand Cherokee составляет 1,55–2,2–2,0 раза, соответственно.



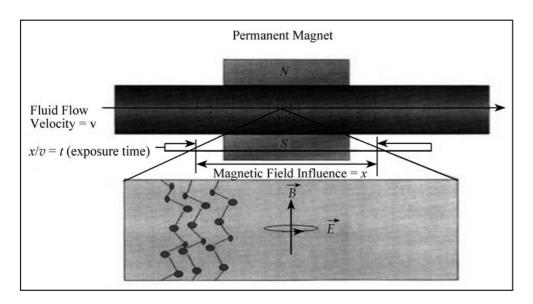


Рис. 4. Схематическое изображение влияния магнитного поля на поведение молекул углеводородов

Таблица 3 Сравнительный состав отработавших газов автомобилей, полученных с использованием магнитоактиваторов

non, remain e nenonaceamnem membres de la company de la co		
Состав отработавших газов	Без магнитоак- тиватора	С магнитоакти- ватором
Ford Taurus		
CO, %	2,05	0,57
CO ₂ , %	12,0	11,7
HC, ppm	193	124
O ₂ , %	1,6	1,8
Toyota Corolla		
CO, %	3,1	0,18
CO ₂ , %	13,3	12,2
HC, ppm	171	78
O ₂ , %	7,0	9,7
Jeep Grand Cherokee		
CO, %	6,12	1,31
CO ₂ , %	13,1	11,9
HC, ppm	187	93
O ₂ , %	5,4	8,9

Итак, исходя из анализа литературных данных, можно сделать вывод о том, использования эффекта магнитного поля как при активации различных процессов переработки нефти, так и процессах сгорания автомобильных топлив представляет значительный интерес. При этом удаление сернистых и ароматических углеводородов из состава дизельных топлив является первоочередной задачей в получении экологически безопасных видов моторных топлив. Следовательно, должны быть найдены альтернативные оптимальные технологические решения процессов деароматизации и десульфуризации, не требующие использования дефицитного водорода, сложных технологических решений и больших капиталовложений.

С этой точки зрения определенный интерес представляют работы по разработке процесса адсорбционной деароматизации/десульфуризации дизельных топлив с подбором экономически целесообразных природных адсорбентов, работающих при атмосферном давлении с одновременной активацией топлива магнитным полем [58, 59].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. Рустамов М.И., Аббасов В.М., Мамедова Т.А., Пириев Н.Н. Экологическое состояние Земли и альтернативные источники энергии. Баку, "Элм", 2008, 717 с.
- 2. Stanislaus A.M., S., Marafi A.M., Rana M.S. and oth. "Recent advances in the science and technology of ultra low sulfur diesel" Catalysis Today, 153 (2010).
- 3. **Song C., Ma X.** New Design Approaches to Ultra-Clean Diesel Fuels by Deep Desulfurizatoim and Deep



- Dearomatisation // Appl. Catal. B. Environ. 2003, Vol. 41, P. 207–238.
- 4. **Song C., Hsu C.S., Michida I.** Chemistry of diesrl fuels / Taylor&Francis, New York, 2000. 235 p.
- 5. **Cooper B.H. and Donnis B.B.L.** Aromatic Saturation of Distillates: An Overview. Appl. Catal. A., 1996, 137, P. 203–223.
- 6. **Abbad-Andaloussi S., Warzywoda M.F.** Microbial Desulfurization of Diesel Oils by Selected Bacterial Strains // Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP, Vol. 58 (2003), No. 4, P. 505–51.
- 7. **Grossman M.J., Lee M.K., Prince R.C. and oth.** Deep Desulfurization of Extensively Hydrodesulfurized Middle Distillate Oil by Rhodococcus sp. Strain ECRD-1 // Appl. Environ. Microbiol., 2001, 67, P. 1949–1952.
- 8. **Kobayashi M., Horiuch, K., Yoshikawa O. and oth.** Kinetic Analysis of Microbial Desulfurization of Model and Light Gas Oils Containing Multiple Alkyl Dibenzothiophenes // Biosci. Biotechnol. Biochem., 2001, 65, P. 298–304.
- 9. **Coco W.M., Levinson W.E., Crist M.J.** DNA Shuffling Method for Generating Highly Recombined Genes and Evolved Enzymes // Nature Biotechnol., 2001, 19, P. 354–359.
- 10. **Gupta N., Roychoudhury P.K., Deb J.K.** Biotechnology of desulfurization of diesel: prospects and challenges // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2005. Vol. 66, P. 356–366.
- 11. **Ishii Y., Kozaki S., Furuya T., Kino K. and Kirimura K.** Thermophilic biodesulfurization of various heterocyclic sulfur compounds and crude straight-run light gas oil fraction by a newly isolated strain Mycobacterium phlei. 2005. // Curr. Microbiol. 2005, Issue 50, P. 63–70.
- 12. **Li F.L., Xu P., Feng J.H., Meng L., Zheng Y., Luo L.L. and Ma C.Q.** Microbial desulfurization of gasoline in a Mycobacterium goodii X7B immobilized-cell system // Appl. Environ. Microbiol. 2005, Vol. 71, P. 276–281.
- 13. Ma C.Q., Tong M.Y., B. Yu, Zeng Y.Y., Fang X.C., Feng J.H., Zhang Q., Li F.L. and P. Xu Biodesulfurization of organic sulfur by a newly isolated Rhodococcus sp. strain SDUZAWQ // Acta Chim. Sinica 2005, Vol. 62, P. 1883–1888.
- 14. **Aribike D.S., A.A. Susu, S C U Nwachukwu** Microbial Desulfurization of Diesel by Desulfobacterium anilini // Academia Arena, 2009, 1 (4), P. 11–17.
- 15. **Chukwu L.O. and S C U Nwachukwu** (2005). Impact of Refined Petroleum Spills on Water Quality, Macro-Invertebrate and Microbial Communities of a Typical Aquatic Environment. J Environ. Biol. 26 (3). P. 449–458.
- 16. Yanga J., Hub Y, Zhaob D., Shaozhao Wangc, Lau P. Two-layer continuous-process design for the biodesulfurization of diesel oils under bacterial growth conditions //

- Biochemical Engineering Journal 2007, Vol. 37, Issue 2, 15, P. 212–218.
- 17. **Seebergera A., Jessb A.** Desulfurization of diesel oil by selective oxidation and extraction of sulfur compounds by ionic liquids a contribution to a competitive process design // Green Chem., 2010, 12, P. 602–608.
- 18. **Javadli R., Klerk A.** Desulfurization of heavy oil // Applied Petrochemical Research, 2012, Vol. 1, Issue 1. P. 3–19.
- 19. **Monticello D.J.** "Biodesulfurization and the Upgrading of Petroleum Distillates" // Current Opinion in Biotechnology, 11(6) (2000).
- 20. Lauritsen J.V., Helveg S., Laegsgaard E. and oth. Atomic-scale structure of Co–Mo–S nanoclusters in hydrotreating catalysts // J. Catal. 197 (2001) P. 1–18.
- 21. **Daage M., Chianelli R.** Structure—function relations in molybdenum sulfide catalysts: the rim-edge model // J. Catal. № 194, 2004, P. 414–426.
- 22. **Farag H., Mochida I., Sakanishi K.** Fundamental comparison studies on hydrodesulfurization of dibenzothiophenes over CoMo-based carbon and alumina catalysts // Appl. Catal. A 194 (2000) 147.
- 23. **Knudsen K.G., Cooper B.H., Topsoe B.H.** Catalyst and process technologies for ultra-low sulfur diesel // Appl. Catal. A 189 (2009) 205.
- 24. Whitehurst D.D., Isoda T., Mochida I. Present state of the art and future challenges in the hydrodesulfurization of polyaromatic sulfur compounds // Adv. Catal. 42 (2004) 345.
- 25. **Phillipson J.J.** Kinetics of hydrodesulfurization of light and middle distillates / Paper Presented at the American Institute of Chemical Engineers Meeting, Houston, TX, 2005.
- 26. **X. Ma, Sakanishi K., Mochida I.** Three-stage deep hydrodesulfurization and decolorization of diesel fuel with CoMo and NiMo catalysts at relatively low pressure, Fuel 73 (1994) 1667.
- 27. **X. Ma, Sakanishi K., Mochida I.** Three-stage deep hydrodesulfurization and decolorization of diesel fuel with CoMo and NiMo catalysts at relatively low pressure, Fuel 73 (1994) 1667.
- 28. **H. Farag, Sakanishi K., Mochida I.** Whitehurst D.D. Kinetic analyses and inhibition by naphthalene and H2S in hydrodesulfurization of 4,6-dimethyldibenzothiophene (4,6-DMDBT) over CoMo-based carbon catalyst, Energy Fuels 13 (1999) 449.
- 29. Vartuli J.C., S.S. Shi, Kresge C.T., Beck J.S. Potential applications for M41S type mesoporous molecular sieves, Stud. Surf. Sci. Catal. 117 (1998) 13.
- 30. **Reddy K.M., Song C.** Synthesis of mesoporous molecular sieves: infuence of aluminum source on Al incorporation in MCM-41, Catal. Lett. 36 (1996) 103.



- 31. **Reddy K.M., Song C.** Synthesis of mesoporous zeolites and their application for catalytic conversion of polycyclic aromatic hydrocarbons, Catal. Today 31 (1996) 137.
- 32. **Химия** нефти / Под ред. З.И. Сюняева. Л.: Химия, 1984. 360 с.
- 33. **Сюняев З.И., Сафиева Р.З., Сюняев Р.З.** Нефтяные дисперсные системы. М.: Химия, 1990. 226 с.
- 34. Гюльмисарян Т.Г., Гилязетдинов Л.П., Лебедев Л.В. и др. Промышленные испытания смеси коксового и пекового дистиллятов в производстве саж ПМ-75и ПМ-100 // Нефтяная и газовая промышленность. 1971. № 4. С. 43–46.
- 35. Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н., Гейнц Э.Р. и др. Использование магнитронных устройств для омагничивания жидких сред // Электрон. и электромеханические системы и устройства: Сб. науч. тр. Томск: науч.-произв. центр "Полюс", 1997. С. 179—183.
- 36. **Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н.** Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов. Новосибирск: Наука, 1995. 192 с.
- 37. **Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н.** Изменение структуры нефтяных диспер-сных систем в различных условиях / АН СО СССР. Томский филиал. Препринт № 19. Томск, 1987. 39 с.
- 38. **Сафиева Р.3.** Физикохимия нефти. М.: Химия, 1998. 448 с.
- 39. **Гилязетдинов Л. П., М. Аль Джомаа.** Определение параметров темных частиц дисперсной фазы в нефтяных системах // Химия и технология топлив и масел. 1994. № 3. 27 с.
- 40. Лихтерова Н.М., Агаянц И.М. Феноменологическая модель квазимицеллярного строения светлых погонов нефти и моторных топлив // Наука и технология углеводородов. 2000. № 4. С. 24—37.
- 41. **Пивоварова Н.А., Унгер Ф.Г., Туманян Б.П.** Влияние обработки постоянным магнитным полем на пара-магнитную активность нефтяных систем // Химия и технология топлив и масел. 2002. № 6. С. 30—32.
- 42. **Пивоварова Н.А., Кириллова Л.Б., Такаева М.А.**О свойствах и строении нефтяных дисперсных систем // Вестник АГТУ, 2008. № 6 (47), С. 138–144.
- 43. **Глебов А.Н., Буданов А.Р.** Магнетохимия: магнитные свойства и строение веществ. М.: Химия, 1997. 286 с.
- 44. **Изюмов Ю.А., Скрябин Ю.Н.** Базовые модели в квантовой теории магнетизма. Екатеринбург: УРОРАН, 1999. 260 с.
- 45. Ламоткин С.А. Химическая поляризация ядер при термо- и фоторазложении дипольных пероксидовипро-

- изводных бензилацетата: автореф. дис. канд. хим. наук. Минск, 2001. 22 с.
- 46. **Бучаченко А.Л., Сагдеев Р.З., Салихов К.М.** Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях. Новосибирск: Наука, 1978. 183 с.
- 47. **Бучаченко А.Л.** Химическая поляризация электронов и ядер. М.: Наука, 1978. 215 с.
- 48. Демидов В.Н., Иванов Е.В., Зарембо Я.В. Надмолекулярная ассоциация в жидких средах в рамках термодинамической кластерно-континуальной модели // Химическая промышленность. 2003. Т. 80, № 12. С. 34—43.
- 49. **Классен В.И.** Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1982. 296 с.
- 50. Шайдаков В.В., Лаптев А.Б., Инюшин Н.В. и др. Лабораторные исследования влияния магнитного поля на водонефтяные эмульсии НГДУ "Уфанефть". Уфа: Уфим. гос. нефт. техн. ун-т., 2001. 6 с.
- 51. **Габдуллин Р.Ш., Куршев В.В., Князев В.Н.** Влияние магнитной обработки на водонефтяные эмульсии и АСПО. Уфа: Уфим. гос. нефт. техн. ун-т., 2001. 6 с.
- 52. **Велес Парра, Пивоварова Н.А.** Снижение токсичности выхлопных газов при предварительной магнитной обработке дизельного топлива // Материалы V Всерос. науч. конф., 9—10 октября 2002 г., Астрахань. Астрахань: Изд-во АГПУ, 2002. С. 201—203.
- 53. **Lisseveld W.** Magnetic Treatment of Diesel Fuel http://www/missioncriticalmagazine.com/ext/resources/W hite-Paper-on-Magnetic-Fuel-Treatment.pdf.
- 54. **Mushrush G., Speight J.** Petroleum Products: Instability and Incompatibility // Applied Energy Technology, 1996, P. 183–196.
- 55. **Song C., Hsu C., Mochida I.** Chemistry of Diesel Fuels // Applied Energy Technology, 2002, P. 136152.
- 56. **Peyton K.** Fuel Field Manual, 2002, ISBN 0071387862, P. 71–136.
- 57. **Magnetic** Treatment of Fuel https://www.waterforlife.net.au/save-energy/magnetic-treatment-fuel.
- 58. Mammadova T.A., Safarli I.A., Abbasov M.M., Abbasov V.M. Using of natural zeolites and magnetic field in process of dearomatization of straight-run diesel fuel // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol. 04, Issue: 02, P. 31–38.
- 59. Mammadova T.A., Safarli I.A., Abbasov V.M., Teyubov Kh.Sh., Abbasov M.M. Study of dearomatization property of adsorbent Az-4 in diesel distillat // European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences 11 th International Scientific Conference, 2 June 2016, Vienna, Austria. P. 80–83.



ИТОГИ И ПЛАНЫ НА БУДУЩЕЕ "ИСУЗУ РУС"

А.С. Савченко

13 февраля 2017 г. в Москве состоялась первая пресс-конференция компании "ИСУЗУ РУС". В ходе мероприятия представители компании подвели итоги работы в 2016 г. и представили планы на 2017 г.

В пресс-конференции приняли участие директор по продажам председатель совета директоров АО "ИСУЗУ РУС" Ямазаки Редзи, генеральный директор АО "ИСУЗУ РУС" Фабрис Горлье и операционный директор АО "ИСУЗУ РУС" Игорь Давыдов.

"На сегодняшний день ISUZU является лидером по показателям продаж грузовой техники в России среди иностранных брендов. Согласно статистическим данным, за прошедшие 4 года доля компании на рынке среди азиатских брендов выросла с 6,6 до 44,7 %. По сравнению с предыдущим годом, эти показатели увеличились на 5,9 %, что составило 2 700 ед. техники, отгруженной дилерам (без учета пикапа ISUZU D-Max). Однако мы не собираемся останавливаться на достигнутом и в текущем году планируем увеличить продажи нашей техники в России на 25 %", – заявил Фабрис Горлье.

По данным ведущего информационного агентства "Автостат Инфо", в 2016 г. компания ISUZU про-

дала больше всех грузовых автомобилей среди иностранных производителей коммерческой техники, показав рост в 7,8 %, на втором месте среди иномарок — Scania, на третьем — MAN.

Среди основных выполненных проектов 2016 г. — открытие двух складов в Москве и Владивостоке. Данный шаг позволил снизить сроки поставок запасных частей, а также расширить их ассортимент на 20 %.

В 2016 г. компания начала работу в сегменте В2С, выпустив на рынок пикап D-Мах. Российский завод ISUZU выпускает широкую гамму грузовых автомобилей, представленных на российском рынке. С конвейера сошел 20-тысячный грузовик, а в текущем году ожидается выпуск более 3000 ед. техники на заводе в Ульяновске.

Представители ISUZU рассказали об основных направлениях работы в России, в частности, о старте производства грузовых автомобилей тяжелой серии (GIGA) в Ульяновске и начале продаж пикапов ISUZU D-Max.

Комплектации пикапов ISUZU D-Max (TERRA, AQUA, AIR, FLAME, ENERGY), в том числе сертифицированная модификация Arctic Trucks AT35, предназначенная для эксплуатации в тяжелых



Фабрис Горлье, генеральный директор AO "ИСУЗУ РУС"

условиях бездорожья, были представлены в рамках пресс-конференции.

В 2017 г. компания "ИСУЗУ РУС" планирует расширить свой модельный ряд выводом на российский рынок новинок — полноприводного автомобиля на шасси ISUZU NMS85 и автомобиля с газовым двигателем на шасси ISUZU NPR82/CNG. Кроме этого, на текущий год намечен полный переход автомобилей серии N/F на экологический стандарт двигателей "Евро-5".

По последним данным "Автостат Инфо", российский парк коммерческих автомобилей насчитывает более 70 тыс. машин ISUZU, его обслуживание является ключевым приоритетом в работе компании. Так, важным этапом работы станет совершенствование послепродажных услуг, в частности, продвижение сервисных контрактов, которые позволяют клиентам ISUZU четко планировать бюджет и экономить около 20 % на обслуживании техники.

Развитая дилерская сеть по всей России, состоящая из 52 партнерских центров, позволяет компании ISUZU выстраивать эффективные и качественные отношения с клиентами.



Грузовой автомобиль с газовым двигателем на шасси ISUZU NPR82/CNG



НОВОСТИ ИНФОРМАЦИЯ

Открытие официального представительства Hyundai Truck and Bus Rus

9 февраля 2017 г. прошла пресс-конференция, посвященная открытию официального представительства подразделения коммерческого транспорта Hyundai Truck and Bus в России. Впервые Hyundai Motor Company открывает за рубежом 100 % дочернюю компанию, специализирующуюся на коммерческом транспорте.



Церемония открытия официального представительства Hyundai Truck and Bus Rus

Напомним, что в других странах мира коммерческий дивизион автомобилей Hyundai представлен только локальными компаниями. В России с 1998 по 2016 г. дистрибуцией грузовиков и автобусов занимались также частные российские компании-дистрибьюторы.

Старший вице-президент г-н Эдвард Ли, глава экспортного дивизиона коммерческого транспорта Hyundai Motor Company, отметил, что видит большой потенциал российского рынка, именно по этой причине компания запускает собственное представительство в России в этом сегменте.

В 2016 г., несмотря на мировой экономический кризис, по всему миру было продано 102 тыс. ед.

коммерческой техники Hyundai, а по сравнению с 2009 г. продажи увеличились на 85 %. В 2017 г. Hyundai планирует продать 105 тыс. ед. коммерческой техники по всему миру.

Для дилеров и конечных потребителей коммерческого транспорта Hyundai открытие официального представительства Hyundai Truck and Bus Rus означает новый уровень коммуникации, новый уровень поддержки дилерской сети, централизованную сертификацию продукции, новые системы мотивации и финансирования.

Hyundai Truck and Bus Rus планирует существенно расширить линейку моделей для российского рынка, в частности, за счет обнов-

ленных грузовиков HD35 и нового поколения среднетоннажных автомобилей HD65, HD78. Кроме того, компания собирается возобновить производство популярного автобуса County и моделей тяжелой линейки Xcient. Но пока главной новинкой этого года на российском рынке станет автомобиль LCV сегмента H350 (в двух модификациях — автобус и фургон).

Производство новых моделей будет осуществлять калининградский завод "Автотор", который уже производит модели Hyundai HD35, HD78, HD120 и HD170. Валерий Горбунов, председатель совета директоров завода "Автотор", отметил, что планирующиеся инвестиции в производство увеличат локализацию производства основных грузовых автомобилей Hyundai до полного цикла сборки, включая сварку и покраску. В 2017 г. планируется расширить производство различных модификаций строек - от стандартных фургонов до специальной техники.

Hyundai Компания Сотрапу планирует продать в этом году 2500 ед. грузовых автомобилей в России. По словам управляющего директора Hyundai Truck and Bus Rus Алексея Храмцовского: "Мы все, чтобы сделаем машины Hyundai были чаще видны на дорогах во всех регионах страны, так, как сейчас это происходит в сегменте легковых автомобилей Hyundai. Для компании теперь важно повторить успех легкового подразделения. Учитывая спектр моделей, которые планируются к запуску в России, выход в новые сегменты рынка коммерческого транспорта, мы уверены, что Hyundai Truck and Bus Rus станет частью экономического роста нашей страны."



ИНФОРМАЦИЯ НОВОСТИ

"Газпромнефть – смазочные материалы" приступила к реализации пилотного проекта в КНР

Компания "Газпромнефтьсмазочные материалы" приняла участие в крупнейшей в Азии международной специализированной выставке продукции для обслуживания автомобилей Automechanika Shanghai 2016. Азиатскому рынку была представлена адаптированная версия партнерской программы по развитию международной сети станций технического обслуживания G-Energy Service.

Стенд компании, построенный в виде станции технического обслуживания G-Energy Service, посетили более 1500 гостей из Китая, Тайваня, Малайзии, Мьянмы.

"В дни проведения выставки в Шанхае начала работу пилотная станции G-Energy Service, что говорит о наших глобальных планах по работе в регионе. В 2017 г. мы намерены продолжить динамичное развитие программы G-Energy Service, поскольку для нас это непосредственный канал взаимодействия с конечным потребителем, - говорит заместитель генерального директора по маркетингу и стратегическому развитию компании "Газпромнефть - смазочные материалы" Роман Зимовец. – Наша цель – выстраивание глобальной сети, внедрение лучших практик работы в сфере автомобильного сервиса, создание универсальных маркетинговых механизмов, позволяющих в самые короткие сроки получать наивысший бизнес-результат".

Выставка Automechanika Shanghai — самая большая еже-





годная выставка в мире автомобильного рынка, освещающая новейшие разработки и решения в области автопрома. Общая площадь выставочного комплекса в Шанхае составляет 312 тыс. м². В прошедшей выставке приняло участие около 5700 экспонентов из 39 стран, многочисленные стенды компаний посетили более 120 тыс. гостей из 140 стран.



НОВОСТИ ИНФОРМАЦИЯ

морской газ



Российский сжиженный природный газ (СПГ) впервые использован в качестве топлива для морских судов. С февраля 2017 г. по маршруту Таллинн—Хельсинки начал ходить новый пассажирский паром Megastar эстонской компании Tallink, который заправляется российским СПГ. Газомоторное топливо для судна поставляется в Эстонию с нового современного завода СПГ во Пскове.

Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря с судов с 2015 г. ограничила в регионах особого контроля, к которым относится Балтийское море, выбросы серы (SECA) в судовом топливе на 90 %. Наиболее дешевый способ добиться выполнения новых стандартов — использовать в качестве моторного топлива СПГ. Строительство нового быстроходного парома Megastar началось на верфи Meyer Turku в Финляндии в августе 2015 г. Длина парома составляет 212 м, на нем могут разместиться 2,8 тыс. пассажиров. 27 января 2017 г. состоялись торжественные мероприятия, посвященные началу работы парома Megastar, который ежегодно будет использовать 20 тыс. т российского СПГ.

В мае 2016 г. ЗАО "Криогаз" во Пскове ввело в эксплуатацию новый современный комплекс сжижения природного газа с автогазонаполнительной компрессорной станцией. Производительность комплекса составляет 20 тыс. т в гол.

Проект реализован на базе освоенной отечественными компаниями технологии сжижения газа. СПГ поставляется в Таллин специальными грузовиками. Продажа СПГ на европейские рынки осуществляется ООО "Газпром экспорт".

Кроме псковского комплекса ЗАО "Криогаз" принадлежит завод СПГ в Кингисеппе мощностью 9 тыс. т в год. В Польше активно используют российский СПГ, так как он дешевле катарского, который приходит на терминал в Свиноуйсьце.

"Польша газифицирована трубопроводным газом на 65 %, нехватка голубого топлива особенно ощущается на северо-востоке страны, куда удобно поставлять российский СПГ. Для потребителей выгодно использовать автономную газификацию, так как это дешевле и проще, чем "тянуть трубу" и получать массу разрешений. В Польше СПГ используется и в качестве моторного топлива. Кроме того, завод в Высоцке будет поставлять свою продукцию преимущественно в Финляндию", - отметил директор департамента нефтегазовых проектов Газпромбанка Владимир Смелов. Газпромбанк в ближайшее время планирует построить еще несколько заводов по производству СПГ. Так, в 2018 г. в Калининграде будет введен в эксплуатацию завод мощностью 50 тыс. т СПГ, а через год в Петрозаводске построят предприятие мощностью 150 тыс. т в год.

