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

**Том 16. № 7. 2017 г.** Издается с января 2002 г. Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

# СОДЕРЖАНИЕ

## НАУКА

*Евдокимов Я.А., Лавров Е.П.*
**Эволюция АГНКС. Часть 3. Виртуальная труба** . . . . . 291
*Статья описывает способ и особенности доставки газа на АГНКС передвижными газозаправщиками. Описана структура так называемой "виртуальной трубы", позволяющей обеспечить заправку автотранспорта в районе, удаленном от сети газоснабжения. Показаны экономические факторы, влияющие на эффективность такого способа перевозки газа.*

*Ерохов В.И.*
**Универсальная газовая система подачи сжиженного углеводородного газа нового поколения** . . . . . 299
*Приведены конструктивные и функциональные особенности газовой аппаратуры нового поколения. Изложены особенности конструкции и принцип действия газовой аппаратуры и основных ее компонентов. Приведена оценка технической, социально-экономической и экологической эффективности газовой системы питания.*

*Лебедев М.С.*
**Повышение эффективности очистки природного газа от диоксида углерода перед сжижением** . . . . . 309
*В статье представлено исследование работы оборудования комплекса по производству СПГ на базе ГРС Новосвердловской ТЭЦ в целях определения эффективности очистки газа от диоксида углерода для соответствия требованию ГОСТа, а также предлагается технологическое решение по повышению надежности и эффективности работы блока подготовки газа.*

*Коваленко В.П., Девянин С.Н., Улюкина Е.А., Тодорив А.В.*
**Перспективы эксплуатации сельскохозяйственной техники на сжатом природном газе** . . . . . 313
*На основании анализа вариантов обеспечения сельскохозяйственной техники газом непосредственно в местах проведения полевых работ показано, что значительный эффект может быть достигнут, если объединить их преимущества. Предложен модульный автогазозаправщик, представляющий собой автомобильное шасси повышенной проходимости, оснащенное несколькими заправочными модулями, приспособленными как к работе с автомобиля, так и к автономному использованию без обслуживающего персонала при размещении на грунте.*

*Зыков С.А., Марков В.А., Трифонов В.Л.*
**Эксплуатационные испытания усовершенствованных топливных систем для дизелей** . . . . . 316
*Проведены эксплуатационные испытания автомобилей ТАТРА-815, оснащенных серийными и усовершенствованными топливными системами. Показаны преимущества усовершенствованных топливных систем. Разработана методика расчета и оптимизации конструкции усовершенствованного фильтрующего элемента для фильтров тонкой очистки топлива.*

## ИНФОРМАЦИЯ

*Савченко А.С.*
**Национальный нефтегазовый форум – 2017** . . . . . 324
*18–19 апреля 2017 г. в ЦВК "Экспоцентр" в Москве состоялся Национальный нефтегазовый форум, который собрал ведущих участников и экспертов отрасли – представителей Правительства РФ, министерств и ведомств, российских и зарубежных компаний ТЭК, отраслевых ассоциаций и научных сообществ.*

*Савченко А.С.*
**Сборка грузовых автомобилей Hyundai в Калининграде** . . . . . 330
*В Калининграде на заводе холдинга "АВТОТОР" 13 апреля 2017 г. дан старт новому проекту по сборке коммерческих автомобилей марки Hyundai. Совокупный объем инвестиций в производство составил 50 млн долл. США.*

*Семаков В.Г.*
**Рынок новых легких коммерческих автомобилей в России** . . . . . 331
*Согласно данным агентства "АВТОСТАТ", рынок новых легких коммерческих автомобилей (LCV) в России по итогам 2016 г. остался на предыдущем уровне и составил 92,8 тыс. ед. (+0,2 %). Таким образом, после трех лет падения спрос на российском рынке LCV стабилизировался.*

**Новости** . . . . . 324–336

**Учредитель**
ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

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

**Зам. главного редактора**
**А.С. Савченко**

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

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

**Редактор**
И.Л. Сильченкова

**Компьютерная верстка**
С.А. Жиркина

**Адрес и телефон редакции:**
107076, г. Москва,
Колодезный пер., д. 2а, стр. 2
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
info.agzk.at@gmail.com
www.mashin.ru

Подписано в печать 28.06.2017 г.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 5,88.
Отпечатано в ООО "Канцлер",
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49

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

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

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

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

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

**Vol. 16. № 7. 2017 г.** Published from January, 2002 Periodicity – monthly

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

# CONTENTS

## SCIENCE

*Evdokimov Ya.A., Lavrov E.P.*
**Evolution of CNG stations. Part 3. Virtual pipe** . . . . . 291
*The article describes the method and features of gas delivery to CNG refueling stations by mobile gas carriers. The structure of the so-called "virtual pipe" is described, allowing to provide refueling of vehicles in the area remote from the gas supply network. Economic factors affecting the efficiency of such a method of gas transportation are shown.*

*Erohov V.I.*
**Universal gas system for supply of liquefied hydrocarbon gas new generation** . . . . . 299
*The structural and functional features of gas equipment of new generation. Given the peculiarities of the design and operation of gas equipment and its key components. Given the assessment of the technical, socio-economic and environmental efficiency of the gas supply system.*

*Lebedev M.S.*
**Increasing the efficiency of natural gas purification from carbon dioxide before liquefaction** . . . . . 309
*This report presents a study of the operation of the equipment for the LNG production facility at the GDS of Novosverdlovskaya CHPP to determine the efficiency of gas purification from carbon dioxide in order to meet the GOST requirement, and also offers a technological solution for increasing the reliability and efficiency of the gas treatment unit.*

*Kovalenko V.P., Devyanin S.N., Uljukina E.A., Todoriv A.V.*
**Prospects of operation of agricultural machinery on compressed natural gas** . . . . . 313
*Based on the analysis of options for agricultural equipment gas directly in the places of carrying of field work it has been shown that a significant effect can be achieved when you combine their strengths. The modular automobile gas refueller, which is a car chassis all terrain equipped with several filling modules adapted as a to work with the car, and to use autonomous without attendants when placed on the ground is offered.*

*Zykov S.A., Markov V.A., Trifonov V.L.*
**Operational Testing of Improved Fuel Systems for Diesel Engines** . . . . . 316
*Operational testing of the TATRA-815 vehicles, equipped with serial and improved fuel sys-tems is conducted. Advantages of improved fuel systems are shown. Methodology for calculating and optimizing the design of an improved filter element for filters of thin clearing of fuel is developed.*

## INFORMATION

*Savchenko A.S.*
**National Oil and Gas Forum 2017** . . . . . 324
*April 18–19, 2017 in the Central Exhibition Complex "Expocenter" in Moscow, the National Oil and Gas Forum was held, which brought together leading participants and industry experts – representatives of the Government of the Russian Federation, ministries and departments, Russian and foreign companies of the fuel and energy complex, industry associations and scientific communities.*

*Savchenko A.S.*
**Assembling of trucks Hyundai in Kaliningrad** . . . . . 330
*In Kaliningrad, on the plant of the holding company "AVTOTOR" on April 13, 2017, a new project for the assembly of Hyundai commercial vehicles was launched. The total volume of investments in production was $50 million.*

*Semakov V.G.*
**The market of new light commercial vehicles in Russia** . . . . . 331
*According to the agency "AUTOSTAT", the market for new light commercial vehicles (LCV) in Russia in 2016 remained at the previous level and amounted to 92,8 thousand units. (+ 0,2 %). Thus, after three years of falling demand in the Russian LCV market has stabilized.*

**News** . . . . . 324–336

**Founder**
LLC "Publishers "Innovative mashinostroenie"

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

**Deputy editor**
**A.S. Savchenko**

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

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

**Editor**
I.L. Silchenkova

**Computer Design**
S.A. Zhirkina

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

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

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

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

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

УДК 656.13

# ЭВОЛЮЦИЯ АГНКС.
## Часть 3. Виртуальная труба*

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

*Статья описывает способ и особенности доставки газа на АГНКС передвижными газозаправщиками. Описана структура так называемой "виртуальной трубы", позволяющей обеспечить заправку автотранспорта в районе, удаленном от сети газоснабжения. Показаны экономические факторы, влияющие на эффективность такого способа перевозки газа.*

***Ключевые слова:*** *автомобильная газонаполнительная компрессорная станция; компримированный природный газ; передвижной автомобильный газозаправщик (ПАГЗ).*

# EVOLUTION OF CNG STATIONS.
## Part 3. Virtual pipe

**Evdokimov Ya.A.,** research associate;
**Lavrov E.P.,** head of the project department of LENPROMAUTOMATIC Ltd, St. Petersburg

*The article describes the method and features of gas delivery to CNG refueling stations by mobile gas carriers. The structure of the so-called "virtual pipe" is described, allowing to provide refueling of vehicles in the area remote from the gas supply network. Economic factors affecting the efficiency of such a method of gas transportation are shown.*

***Keywords:*** *automobile gas filling compressor station; Compressed natural gas; Mobile gas station (PAGZ).*

### Доставка КПГ без трубопровода

Хорошо известны достоинства компримированного природного газа (КПГ) как моторного топлива. Есть области, где использование КПГ особенно выгодно, и одна из них – обеспечение топливом автопредприятий. Унифицированное газовое оборудование и организация обслуживания парка однородного транспорта снижают эксплуатационные расходы, а низкая цена топлива дает прямую экономию. Крупные транспортные фирмы, например, занимающиеся городскими автобусными перевозками, могут быть заказчиками строительства АГНКС.

Место для АГНКС должно быть выбрано так, чтобы холостые пробеги транспорта на заправку и обратно были минимальны. Нельзя забывать о пониженном запасе хода газобаллонных автомобилей (ГБА) и повышенном времени их заправки по сравнению с заправкой жидким топливом. Все это усиливает требования к оптимальному месту расположения АГНКС. С другой стороны, на расположение АГНКС накладываются определенные ограничения: не всегда имеется газопровод и возможность подключения к нему в желаемом месте заправки транспорта.

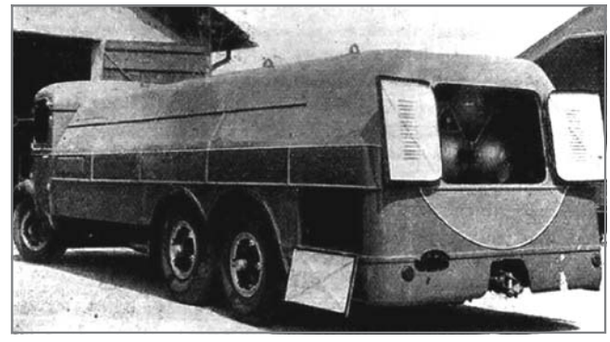


***Рис. 1.*** *ПАГЗ 1940-х гг., Италия*

Для доставки КПГ без трубопровода к месту заправки используются передвижные автомобильные газозаправщики (ПАГЗ). ПАГЗ представляет собой автомобиль или прицеп, на котором установлены баллоны высокого давления и соответствующая арматура для заправки ГБА. При всей внешней простоте ПАГЗ имеет определенные особенности. Лишний раз напомним, что газовое топливо обладает сжимаемостью, что делает ПАГЗ не просто "цистерной с раздаточной колонкой", как, например, заправщик жидкого топлива.

ПАГЗ начали использовать одновременно с появлением сетей АГНКС. Малый запас хода при использовании КПГ и необходимость сокращения холостых пробегов на заправку привели к организации доставки газа при помощи заправщиков, оборудованных большими баллонами (рис. 1).

Со временем оказалось, что для повышения безопасности и удобства заправки автомобилей целесообразно оборудовать заправочную площадку аналогично стационарной АГНКС, т.е. устраивать ограждения, монтировать стационарные колонки и систему контроля утечки газа (СКУГ). Также (об этом – ниже) иногда целесообразно устанавливать стационарный компрессор для почти полной откачки газа из ПАГЗ.

Совокупность оборудования, обеспечивающего транспортировку газа от входа АГНКС до заправки автомобилей, иногда называют "виртуальной трубой", или "виртуальным газопроводом".

### Возможные структуры виртуальной трубы

Давление в баллонах ПАГЗ, разумеется, должно быть выше давления заправки автомобилей. Если все баллоны ПАГЗ объединены, то полезный объ-

* Окончание. Начало в АГЗК+АТ № 5, 6/2017.

ем газа, который можно заправить в автомобили, чрезвычайно мал. Его легко рассчитать как

$$\left(1-\frac{p_{\text{запр}}}{p_{\text{ПАГЗ}}}\right)V_{\text{ПАГЗ}}\frac{p_{\text{запр}}}{p_{\text{атм}}},$$

т.е. при объеме баллонов 16,8 м$^3$ (80 баллонов по 210 л) и давлении в них 24,5 МПа (давление не может быть чрезмерно высоким из соображений безопасности) ПАГЗ будет доставлять к месту заправки всего около 800 м$^3$ газа (около 550 кг) при собственной массе конструкции 24 т (максимально разрешенная для дорог общего пользования).

Чтобы увеличить полезный объем, баллоны ПАГЗ объединяют не в единое хранилище, а в секции. Прием секционирования здесь работает аналогично секционированию аккумуляторов АГНКС, рассмотренному в предыдущей статье. При заправке автомобиля вначале используется низкое давление, затем повышенное, и только в конце баллон "набивается" полным давлением. В таком случае секция высокого давления ПАГЗ может быть сравнительно небольшой, газ из секций среднего и низкого давления используется практически полностью, а баллоны автомобилей заполняются максимально. Конечно, по мере расходования газа в ПАГЗ скорость заправки уменьшается, с этим приходится мириться.

Можно обеспечить и быструю заправку автомобилей с практически полным опустошением баллонов ПАГЗ. Для этого уже необходим компрессор. ПАГЗ превращается, по сути, в передвижную АГНКС, только без входного трубопровода. Такой ПАГЗ называется "активным", он значительно сложнее и дороже обычного, и в каких-то редких случаях его применение может быть оправданно. Экономическое обоснование выбора ПАГЗ рассмотрим ниже (рис. 2, табл. 1).

Важно понимать, что заправка автомобилей от ПАГЗ не может выполняться в произвольном месте. Для организации заправочной сети необходимо обустройство площадок, соответствующих определенным требованиям, в местах заправки транспорта. Имеет смысл установка компрессора не на

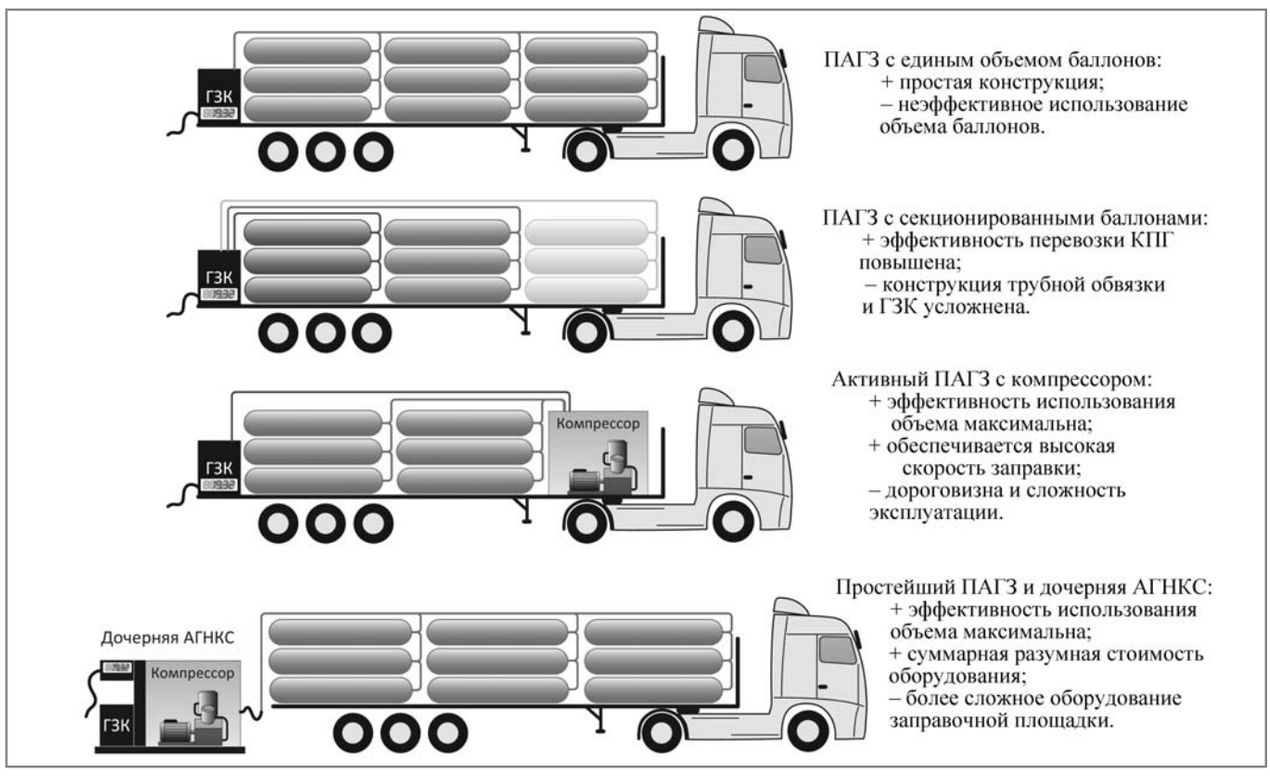



***Рис. 2.*** *Некоторые варианты структуры ПАГЗ, их преимущества ("+") и недостатки ("–")*

*Таблица 1*

**Возможные варианты структуры ПАГЗ и виртуальной трубы**

| Вариант | Преимущества | Недостатки |
|---|---|---|
| ПАГЗ с единым объемом баллонов | Простота конструкции | Очень малый эффективный объем, используется около 20 % полного объема газа. Без дожимного компрессора использование неэффективно, такая конфигурация в настоящее время не используется |
| ПАГЗ с секционированными баллонами | Повышена эффективность, при трех секциях используется 50–60 % полного объема | Усложнена конструкция трубной обвязки |
| Активный ПАГЗ с компрессором | Использование объема до 95 % | Низкая весовая отдача из-за массы компрессора. Сложность и дороговизна конструкции. Компрессор сокращает число баллонов, при наличии которых можно было бы получить такой же полезный объем газа, как и без компрессора, но при меньшей массе ПАГЗ. Такое решение целесообразно применять, когда компрессор может быть использован как для заправки ПАГЗ от трубы, так и для его опорожнения. Но, насколько известно авторам статьи, такие решения еще не выпускаются серийно. Кроме того, газ перед заправкой в ПАГЗ требуется осушать, это значит, что либо ПАГЗ нужно оснащать своим блоком осушки, что еще больше снижает полезный объем газа, либо газ в ПАГЗ будет ненадлежащего качества |
| Простейший ПАГЗ в сочетании с дочерней АГНКС | Использование объема до 95 %, высокая грузоподъемность ПАГЗ | Усложнение и удорожание оборудования на стороне заправочной площадки |
| Секционированный ПАГЗ в сочетании с дочерней АГНКС с компрессором | Использование объема ПАГЗ до 95 %. Возможность работы ПАГЗ как отдельно (благодаря секционированию), так и вместе с компрессором на дочерней АГНКС | Усложнение и удорожание оборудования |
| Секционированный ПАГЗ и дочерняя АГНКС без компрессора | Удешевление оборудования дочерней АГНКС. Возможность организации коммерческой заправки | Уменьшение эффективного объема ПАГЗ. Решение подходит для небольшой производительности заправки |

ПАГЗ, а на заправочной площадке в сочетании с использованием простейшего ПАГЗ, подключаемого на вход этого компрессора. Такое решение называется "дочерней АГНКС", дополняющей материнскую АГНКС, на которой заправляются ПАГЗ.

Интересно, что в некоторых случаях на дочерней АГНКС может и не быть компрессора. Такая структура имеет смысл, если предполагается коммерческая заправка, а не заправка собственного транспорта автопредприятия, но проектная производительность заправки невелика. Подобная АГНКС должна быть оборудована системами коммерческого учета, безопасности (в том числе пожарной), необходимыми стационарными ограждениями заправочных постов. Все это, разумеется,

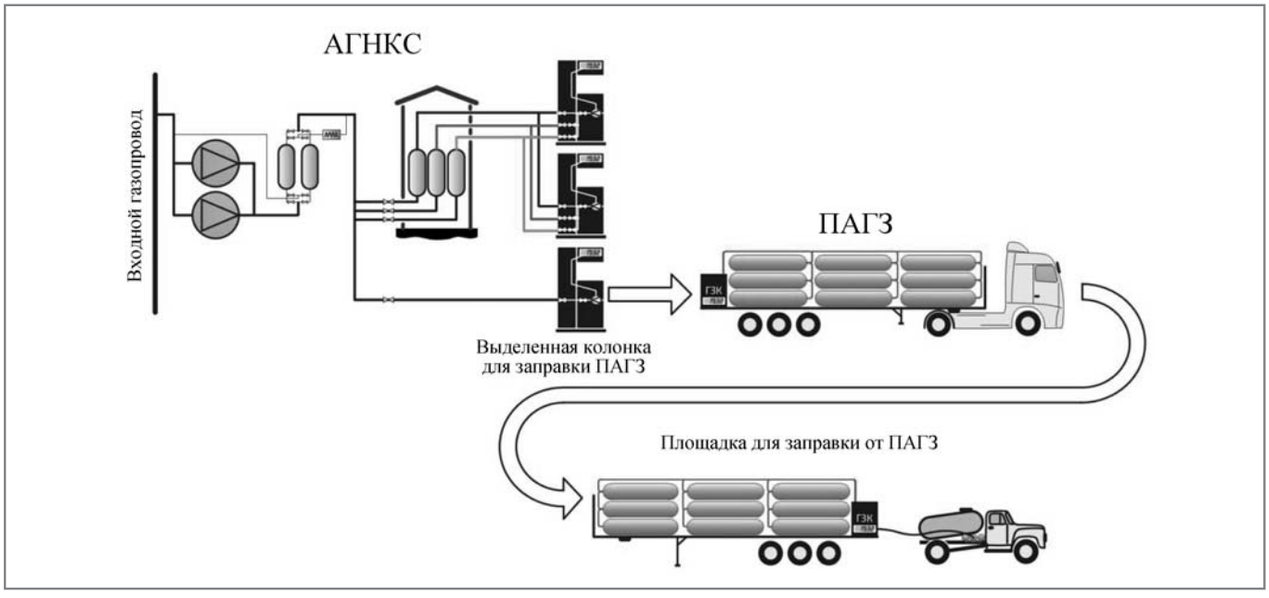



***Рис. 3.*** *Виртуальная труба с пассивным ПАГЗ*

невозможно или нецелесообразно перевозить на ПАГЗ. Отсутствие же компрессора существенно снизит стоимость станции.

Согласно действующим в России и ближнем зарубежье требованиям, производить заправку автомобилей от ПАГЗ в произвольном месте запрещено. Площадка должна удовлетворять Требованиям пожарной безопасности СП 156.13130.2014, в частности:

– иметь ограждение;

– быть оснащенной системой пожаротушения;

– иметь молниезащиту и защиту от статического электричества;

– находиться не ближе оговоренных расстояний от дорог, строений, лесных массивов;

– удовлетворять другим требованиям, оговоренным для АГНКС.

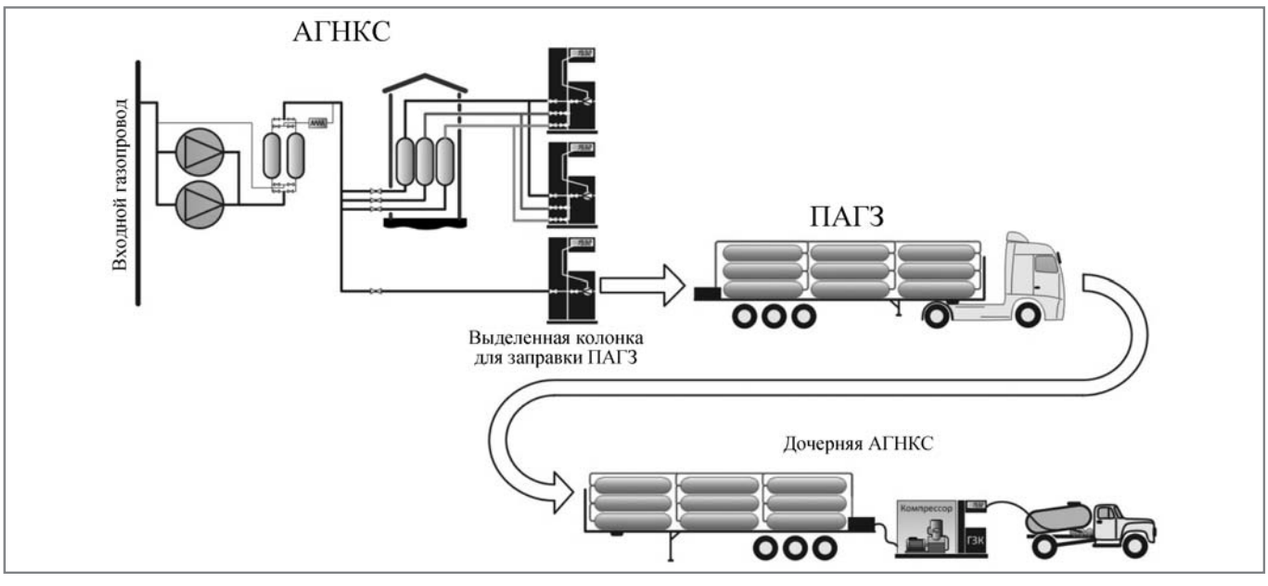



***Рис. 4.*** *Виртуальная труба с дочерней АГНКС баллонов*

Таким образом, использование ПАГЗ требует определенной инфраструктуры – во-первых, АГНКС, подсоединенную к газопроводу и оборудованную для заправки ПАГЗ, во-вторых, сам ПАГЗ (один или несколько) и, в-третьих, площадку (одну или несколько) для заправки автомобилей (рис. 3).

При организации заправки с помощью ПАГЗ зачастую не учитывают требования к площадке для этой цели, что приводит к ошибочному выводу, например, о высокой эффективности активного ПАГЗ. Да, активный ПАГЗ максимально эффективно использует полезный объем баллонов, но этот объем понижен, поскольку ПАГЗ перевозит еще и компрессор. В то же время такой ПАГЗ все равно не полностью автономен в силу ограничений, накладываемых на место заправки автомобилей. В ряде случаев более эффективно будет дооборудовать места заправки компрессорным модулем, который не требуется никуда перевозить. Также (об этом уже упоминалось) на дочерней АГНКС могут быть стационарно смонтированы все системы, необходимые для коммерческой заправки, кроме собственно компрессора. Это допустимо для удешевления при небольшой производительности виртуальной трубы (рис. 4).

## Компоновка ПАГЗ и различные типы баллонов

Наиболее широко применяются два основных типа ПАГЗ: конструкция с малым числом больших баллонов (рис. 5, *а*) и конструкция с кассетами, состоящими из большого числа баллонов меньшего объема (рис. 5, *б*). На первый взгляд, увеличение объема отдельных баллонов повышает полезную нагрузку ПАГЗ. Тем не менее на практике в настоящее время больше распространены ПАГЗ второго типа с большим числом и меньшим объемом баллонов. Причина в том, что цена баллонов непропорционально растет с увеличением объема. Кроме того, пожалуй, более важны надежность и безопасность: отдельный баллон можно легко отключить от общей обвязки в случае неисправности, лишь незначительно ухудшив общие характеристики ПАГЗ. Конструкция с большим числом баллонов проще масштабируется под разный объем ПАГЗ, а увеличение массы конструкции компенсируется применением современных легких баллонов.

На автотранспорте, в том числе и в составе ПАГЗ, применяются баллоны четырех типов (стандартизированы в ГОСТ Р ИСО 11439–2010):

- тип 1 – цельнометаллические баллоны;
- тип 2 – металлические баллоны с тонкой стенкой в цилиндрической части, усиленные навивкой высокопрочного волокна (стекловолокно, кевлар и т.п.);
- тип 3 – баллоны с тонкостенным металлическим сосудом (так называемый лейнер), обвитые упрочняющим волокном целиком, включая и полусферические части;
- тип 4 – баллоны с пластиковым лейнером, целиком обвитые волокном и содержащие металлические закладные элементы только в горловинах.

*а*) *б*)

***Рис. 5.*** *Две компоновки баллонов на ПАГЗ*

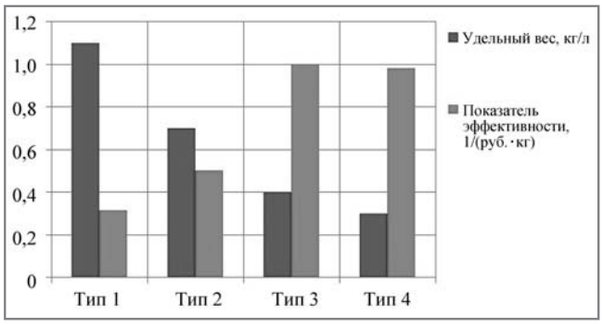



***Рис. 6.*** *Сравнение эффективности баллонов разных типов*

От первого к четвертому типу уменьшается масса баллонов. Баллоны характеризуются так называемым удельным весом, или коэффициентом весового совершенства, – масса баллона, приходящаяся на один литр геометрического объема. Для баллонов типа 1 этот показатель составляет примерно 1,1 кг/л, типа 2 – приблизительно 0,7 кг/л, типа 3 – около 0,4 кг/л, и типа 4 – не более 0,3 кг/л. Для ПАГЗ этот показатель во многом определяет весовую отдачу, т.е. соотношение полезной нагрузки (масса газа) и массы конструкции. Конечно, заманчиво было бы везде использовать самые легкие баллоны типа 4, но от типа к типу растет и цена баллона.

На рис. 6 представлены данные по весовому совершенству и экономической эффективности баллонов разных типов. Показатель экономической эффективности здесь вычислен как приведенный к относительным единицам объем, приходящийся на 1 руб. цены и на 1 кг массы баллона. Очевидно, что в настоящее время целесообразно применение баллонов типа 3: удельный вес от третьего типа к четвертому снижается незначительно, но повышенная цена делает общую эффективность баллонов типа 4 даже несколько ниже, чем у типа 3. Возможно, ситуация когда-то изменится, если технология изготовления цельнокомпозитных баллонов типа 4 станет более дешевой.

### Секционирование ПАГЗ

В нашей первой статье (см. АГЗК+АТ № 5/2017) мы рассматривали особенности течения газа в баллон при заправке. Напомним основной момент: газ при течении в баллон нагревается, причем степень нагрева зависит как от скорости его течения, так и от теплоизоляции баллона. Чем быстрее заполняется баллон и чем лучше он изолирован от окружающей среды, тем выше нагрев. И, наоборот, при истечении из баллона газ охлаждается.

ПАГЗ представляет собой большую емкость. Понятно, что для быстрого заполнения требуется максимальный расход газа. Это приводит к тому же явлению недозаполнения при заправке, что и на малых баллонах автомобилей. Поскольку объем ПАГЗ велик, то заправка "по массе" (рассмотренная в первой статье данного цикла) не решает проблему. Единственный выход заключается в ограничении скорости заправки ПАГЗ и обеспечении отстоя ПАГЗ с выравниванием температуры и последующей дозаправкой. Если не учитывать это явление, то объем перевозимого в ПАГЗ газа будет существенно уменьшен. Важно понимать, что в паспортных характеристиках ПАГЗ указывается его вместимость для "идеального" случая. Чтобы приблизиться к заявленной вместимости в реальной эксплуатации, необходимо несколько замедлить заполнение ПАГЗ. Такова неизбежная плата за полноту заполнения баллонов.

Обратное явление, т. е. охлаждение ПАГЗ при заправке от него автомобилей, приводит к падению давления, замедлению заправки и недоиспользованию объема ПАГЗ. Когда делается расчет предельно производительной эксплуатации ПАГЗ, т.е. сценария, по которому ПАГЗ заправляется на АГНКС, а затем с максимально возможной скоростью заправляет весь парк автомобилей, необходимо учитывать это охлаждение. В большинстве случаев это не делается. При эксплуатации ПАГЗ возникает закономерный вопрос: почему реальные характеристики ниже заявленных, где обман? Обмана нет, есть просто недостаточный учет более тонких, чем кажется, процессов заправки КПГ.

Необходимо упомянуть и еще один источник кажущегося "обмана" в характеристиках ПАГЗ. Состав газа в различных точках Единой системы газоснабжения несколько отличается, а вместимость ПАГЗ обычно рассчитывают применительно к чистому метану. На вид незначительное отличие в коэффициенте сжимаемости приводит на фоне большого давления и объема к заметному искажению характеристик в худшую сторону. Все перечисленное обязывает нас к тому, чтобы расчет ПАГЗ выполнялся под конкретные условия эксплуатации, а не использовались напрямую заявленные паспортные характеристики.

Точно так же, как на стационарных АГНКС, секционирование хорошо повышает эффективность ПАГЗ. Степень использования объема существенно повышается, поскольку снижение давления в односекционном ПАГЗ сразу же приводит к невозможности заправки, а в двух- или трехсекционном можно снизить давление в "низких" секциях существенно больше, продолжая заправку до необходимого уровня из "высокой" секции. Покажем это на примере.

Если ПАГЗ не разделен на секции, то его эффективный объем – это газ, который попадет в баллоны заправляемых автомобилей до падения давления в заправщике. Как только давление снизится до давления заправки, она прекратится. Нетрудно рассчитать, что использовано будет лишь $100\cdot\left(1-\frac{19,6}{24,5}\right)=20\,\%$ общего объема газа в ПАГЗ. Остальной газ перевозится впустую, что снижает эффективность перевозки.

Для секционированного ПАГЗ расчет сложнее, поскольку необходимо учитывать объем каждой секции (заметим, что объемы секций не должны быть равными для оптимального опорожнения). Приведем пример моделирования давления в секциях при заправке автомобилей (рис. 7).

Видно, что в секциях низкого и среднего давления удается существенно снизить давление в процессе заправки, т. е. максимально эффективно использовать газ, заправленный в ПАГЗ. За счет этого в данном примере используется 60 % объема газа в заправщике.

Эффективный объем, а значит и экономическая эффективность перевозки КПГ, повышаются

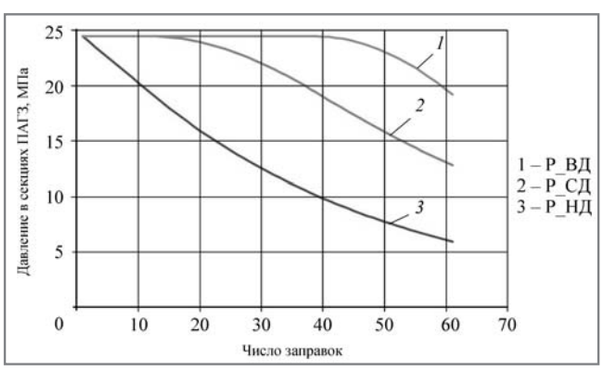



***Рис. 7.*** *Расчет давления в секциях ПАГЗ при заправке автомобилей. Р_НД, Р_СД, Р_ВД – давление в секциях низкого, среднего и высокого давления соответственно*

приблизительно в три раза при использовании трехсекционной схемы. Если для аккумуляторов АГНКС эффект от секционирования не столь очевиден на фоне усложнения и удорожания арматуры, то для пассивного ПАГЗ секционирование выгодно всегда.

### Нужен ли дожимной компрессор?

При пассивном способе заправки существует противоречие между ее скоростью и степенью заполнения как ПАГЗ, так и автомобильных баллонов. Секционирование ПАГЗ лишь отчасти решает эту проблему. Для существенного улучшения характеристик необходим компрессор.

Дожимной компрессор имеет достаточно большую мощность и массу, требует внешнего подвода электроэнергии. В силу этого компрессор желательно устанавливать стационарно.

Из всего многообразия схем виртуальной трубы можно отобрать две наиболее подходящие для России и ближнего зарубежья: пассивный ПАГЗ с трехсекционной схемой баллонов и система из ПАГЗ и компрессора на дочерней АГНКС. Сравним эти варианты и их область применения.

Как уже упоминалось, фактическое использование объема ПАГЗ далеко от полного. Хорошим показателем является использование объема на 60–65 %, а это означает, что остальные 35–40 % газа возвращаются на пункт заполнения ПАГЗ. Чтобы избежать этого, используют дожимной компрессор на дочерней АГНКС, при этом степень использования объема ПАГЗ возрастает до 95 % (большие значения не рекомендуются производителями баллонов, так как могут привести к снижению срока их эксплуатации). Разумеется, компрессор потребляет электроэнергию, к тому же появляются затраты на его установку и обслуживание.

Интересно, что цена ПАГЗ сопоставима с ценой устройства компрессорной установки на дочерней АГНКС. Напомним, что объем ПАГЗ используется чуть более, чем наполовину. В итоге варианты "использовать два ПАГЗ вместо одного" и "дополнить ПАГЗ дожимным компрессором" сопоставимы по начальным затратам. Сравним энергетическую составляющую эксплуатационных затрат, т.е. избыточные расходы на топливо в первом случае и увеличение затрат электроэнергии – в другом.

Рассчитаем цену топлива, требуемого для перевозки 1 м$^3$ газа при использовании пассивного

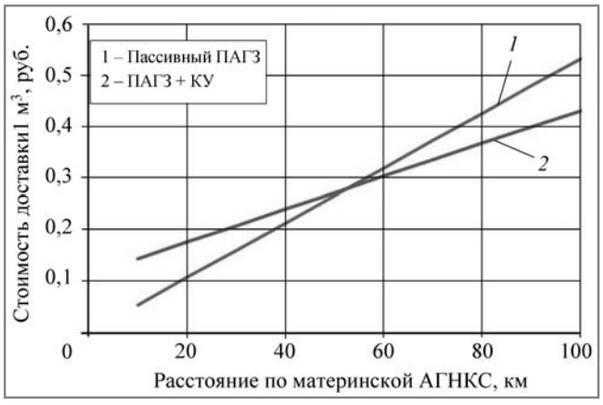



***Рис. 8.*** *Стоимость доставки газа при разных вариантах организации виртуальной трубы – пассивный ПАГЗ и компрессорная установка на дочерней АГНКС*

ПАГЗ. Эта цена определяется расходом топлива тягача, ценой топлива и коэффициентом использования объема ПАГЗ. Если коэффициент равен 0,6, то паспортный объем ПАГЗ необходимо разделить на эту величину, чтобы получить истинный объем доставляемого потребителям газа.

При использовании дожимного компрессора объем ПАГЗ используется на 90–95 % (будем для простоты считать, что полностью), но появляются дополнительные затраты электроэнергии на работу компрессора. Строго говоря, потребляемая мощность, а значит и расход электроэнергии, изменяются по мере откачки газа из ПАГЗ, но примем для упрощенного расчета среднее постоянное значение. Таким образом, расходы на перевозку газа снижаются (нет "паразитного" объема, перевозимого обратно), но к ним добавляются расходы на сжатие газа, который в предыдущем случае просто не попал бы в баллоны автомобилей.

Пример расчета цены доставки газа показан на рис. 8. Рассматривался ПАГЗ вместимостью 5000 м$^3$ с дизельным тягачом и дожимным компрессором мощностью 50 кВт. Видно, что при малом расстоянии от материнской АГНКС до места заправки автомобилей использование компрессора невыгодно. Но начиная примерно с 50 км, расходы на перевозку превышают расходы на сжатие газа, и появляется смысл в размещении компрессора на дочерней АГНКС. Это только пример. Для каждого конкретного проекта необходимо выполнять технико-экономические расчеты индивидуально.

Использование дожимного компрессора повышает равномерность и скорость заправки автомобилей, а в сочетании с небольшим аккумулятором позволяет сглаживать перерывы, вызванные переключением ПАГЗ, если дочерняя АГНКС рассчитана на большую производительность.

До сих пор мы в рассуждениях предполагали, что дочерняя АГНКС предназначена для снабжения компримированным природным газом автомобилей (например, автобусов) одной фирмы. В этом случае процедура заправки и коммерческих расчетов упрощена. Если же предполагается продавать газ внешним покупателям, т. е. прямой смысл строить полноценную АГНКС с заправочной галереей и ограждением ее, местом установки ПАГЗ, полноценной СКУГ и несколькими запра-

*Таблица 2*

**Рекомендуемые структуры виртуальной трубы**

| Назначение виртуальной трубы | Структура |
|---|---|
| Снабжение КПГ парка автомобилей, принадлежащих одной организации, число автомобилей невелико, достаточно объема одного ПАГЗ | Пассивный трехсекционный ПАГЗ, простейшая площадка для заправки, колонка встроена в ПАГЗ |
| Парк автомобилей одной организации достаточно велик, одного ПАГЗ недостаточно | В зависимости от расстояния до материнской АГНКС (см. выше) – или работа нескольких ПАГЗ на простейшей площадке, или установка дожимного компрессора и стационарных колонок на дочерней АГНКС |
| Планируется коммерческая поставка КПГ внешним потребителям | Устройство дочерней АГНКС со стационарными колонками, СКУГ, бетонным ограждением площадки для ПАГЗ в общедоступном месте по нормам, принятым для АГНКС, со стационарным дожимным компрессором или возможностью его установки впоследствии |

вочными постами, отличающейся только тем, что станция подключается не к трубопроводу, а к ПАГЗ, устанавливаемому на выделенной площадке.

В целом можно дать следующие рекомендации по организации виртуальной трубы (табл. 2).

Проектирование виртуальной трубы должно осуществляться с учетом комплекса разных факторов: это и проектная производительность заправки, и расстояние между материнской и дочерней АГНКС, и даже состав транспортируемого газа. Для правильного выбора оборудования целесообразно обращаться к специалистам, имеющим опыт проектирования АГНКС, так как многие задачи здесь схожи.

В заключение следует заострить внимание на способе перевозки газа, который можно считать более перспективным – перевозка не сжатого, а сжиженного природного газа (СПГ). Это позволяет значительно повысить грузоподъемность транспорта для перевозки, повысив плотность газа. Но такой способ требует использования не простых АГНКС, а установок сжижения и регазификации, что пока не получило большого распространения в нашей стране. К теме СПГ мы, возможно, обратимся в следующих публикациях.

*УДК 629.113.004.05*

# УНИВЕРСАЛЬНАЯ ГАЗОВАЯ СИСТЕМА ПОДАЧИ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

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

*Приведены конструктивные и функциональные особенности газовой аппаратуры нового поколения. Изложены особенности конструкции и принцип действия газовой аппаратуры и основных ее компонентов. Приведена оценка технической, социально-экономической и экологической эффективности газовой системы питания.*

***Ключевые слова:*** *сжиженный нефтяной газ; газовая аппаратура; одноступенчатый газовый редуктор; газовая магистраль; электромагнитная форсунка; электронный блок управления; система управления; эффективность газовой системы питания.*

## UNIVERSAL GAS SYSTEM FOR SUPPLY OF LIQUEFIED HYDROCARBON GAS NEW GENERATION

**Erohov V.I.**, Dr. of technical sciences, Moscow Polytech

*The structural and functional features of gas equipment of new generation.Given the peculiarities of the design and operation of gas equipment and its key components.Given the assessment of the technical, socio-economic and environmental efficiency of the gas supply system.*

***Keywords:*** *liquefied petroleum gas; gas equipment; single-stage gas reducer; gas pipe; solenoid injector; electronic control unit; control system; efficiency of the gas supply system.*

Промышленностью в содружестве с транспортными организациями разработаны технологические платформы по созданию систем перевода базовых наземных транспортных средств (НТС) для работы на сжиженном углеводородном и природном газе (СУГ и ПГ). Современные автомобили с электронным управлением оборудованы двигателями для полноценной работы на базовом и газовом топливе.

В большинстве Европейских стран, США и Японии повышенное внимание уделяют вопросам создания эффективных и безопасных конструкций газобаллонных автомобилей. Газовая аппаратуры нового поколения оснащена элементами микропроцессорной техники. Фирмы Volkswagen, MAN (Германия), Lovato, Tartarini (Италия) разработали для бензиновых двигателей принципиально новую газовую аппаратуру четвертого поколения с электронным управлением процессами топливоподачи при помощи бортового компьютера [1–3].

Принципиальная схема универсальной высокотехнологичной установки для работы на сжиженном углеводородном газе приведена на рис. 1.

Газовая система питания включает газовый баллон *1* с мультиклапаном *18*, электромагнитный газовый клапан *42* с фильтром *6* и газовую распределительную магистраль *7* с ЭМФ *8*.

Газовый баллон содержит мультиклапан *18* с предохранительным клапаном, клапан контроля максимального наполнения баллона и указатель запаса газа.

Баллон изготовлен из стали толщиной 3,5 мм, что обеспечивает выполнение высоких требований безопасной их эксплуатации. Запас прочности равен 2.4. Баллон расположен в нише для запасного колеса. Баллон может быть установлен на опорах, воспринимающих энергию возможного столкновения автомобиля.

Вместимость баллона СУГ составляет 50 л. При заполнении его на 80 % клапан контроля макси-

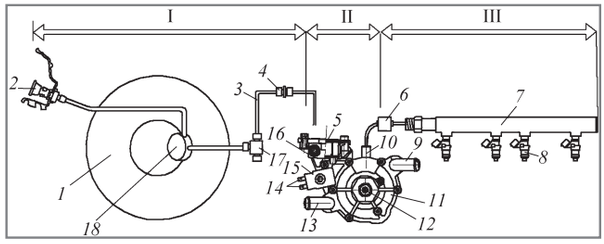



***Рис. 1.*** *Принципиальная схема установки для работы на сжиженном углеводородном газе:*
*1* – газовый баллон; *2* – заправочное устройство; *3* – трубопровод; *4* – соединительная муфта; *5, 6* – фильтр; *7* – газовая магистраль; *8* – форсунка; *9* – штуцер подачи ОЖ; *10* – штуцер выхода газа; *11* – газовый редуктор; *12* – регулировочный винт; *13* – штуцер отвода ОЖ; *14* – электрические контакты; *15* – электромагнитный клапан; *16* – технологический винт; *17* – штуцер; *18* – мультиклапан; I – область высокого давления; II – переходная область; III – область низкого давления

мального наполнения прекращает подачу газа. При температуре наружного воздуха 15 °С баллон вмещает 40 л СУГ.

Принципиальная электрическая схема двухтопливного двигателя с электронным управлением DGI MaxI2 приведена на рис. 2.

Универсальная двухтопливная система питания нового поколения содержит равноценную бензиновую и газовую систему топливоподачи.

Газовая система включает газовый баллон, заправочное устройство и редуктор, сообщенный через шланги с газовой рампой *37*. В рампе размещены газовые форсунки *36*, связанные электрической цепью с газовым ЭБУ *13*.

Бензиновая система включает базовые элементы традиционной системы, которые через электрические цепи *4* подключены к ЭБУ. Газовые форсунки через электрические цепи подключены к эмулятору, размещенному в ЭБУ *13*.

Газовая система питания включает газовый редуктор *27*, сообщенный через шланг *35* расхода газа с газовой рампой 37. Газовый ЭБУ *13* подключен к АКБ через красно-белый провод (+12 В) и заземляющий провод (черный).

Электронная система управления современного автомобиля содержит функциональные датчики, исполнительное устройство и ЭБУ, связанные электрическими цепями.

Задроссельное пространство впускной системы сообщено с газовой полостью редуктора через отверстие *28* подключения датчика давления. Переключатель зажигания сообщен с аккумуляторной батарей и ЭБУ. Датчик уровня газа информирует газовый ЭБУ о типе датчика и техническом его состоянии.

Управление работой двигателя осуществляется исполнительными устройствами по программе, заложенной в ЭБУ с учетом информации функциональных датчиков. Диагностический разъем *31* обеспечивает подключение системы управления к средствам диагностики.

Персональный компьютер *15* соединен с ЭБУ *13* с помощью специального интерфейсного кабеля. ЭБУ выдает команду форсункам на впрыскивание топлива в виде факела во всасывающий патрубок и управляет параметрами впрыскивания в зависимости от режима работы двигателя и нагрузки, поддерживая оптимальное соотношение топливовоздушной смеси. Электробензонасос электрической цепью сообщен с реле.

ЭБУ включает выходные цепи (форсунки, различные реле и т.д.) путем замыкания их на массу через выходные транзисторы контроллера. Единственным исключением является цепь реле топливного насоса. Только на обмотку этого реле контроллер подает напряжение +12 В.

Замок зажигания *46* через электрическую цепь сообщен с главным реле с ЭБУ.

При прокручивании КВ двигателя со скоростью, меньше минимальной, ЭБУ *13* увеличивает длительность впрыскивания, обогащая топливовоздушную смесь. При этом на педаль управления дросселем нажимать не следует.

В состав информационных элементов системы управления двигателем входят датчик *6* положения распределительного вала, датчик частоты вращения КВ и синхронизации, датчик положения воздушной дроссельной заслонки, датчик *9* детонации, датчик *11* массового расходования воздуха (ДМРВ), датчик температуры охлаждающей жидкости и датчик температуры воздуха во впускном трубопроводе.

Управление работой двигателя осуществляется исполнительными устройствами по программе, заложенной в блоке управления, с учетом информации, полученной от различных датчиков. Система управления двигателем содержит исполнительные устройства, информационные механизмы и подсистему обработки данных.

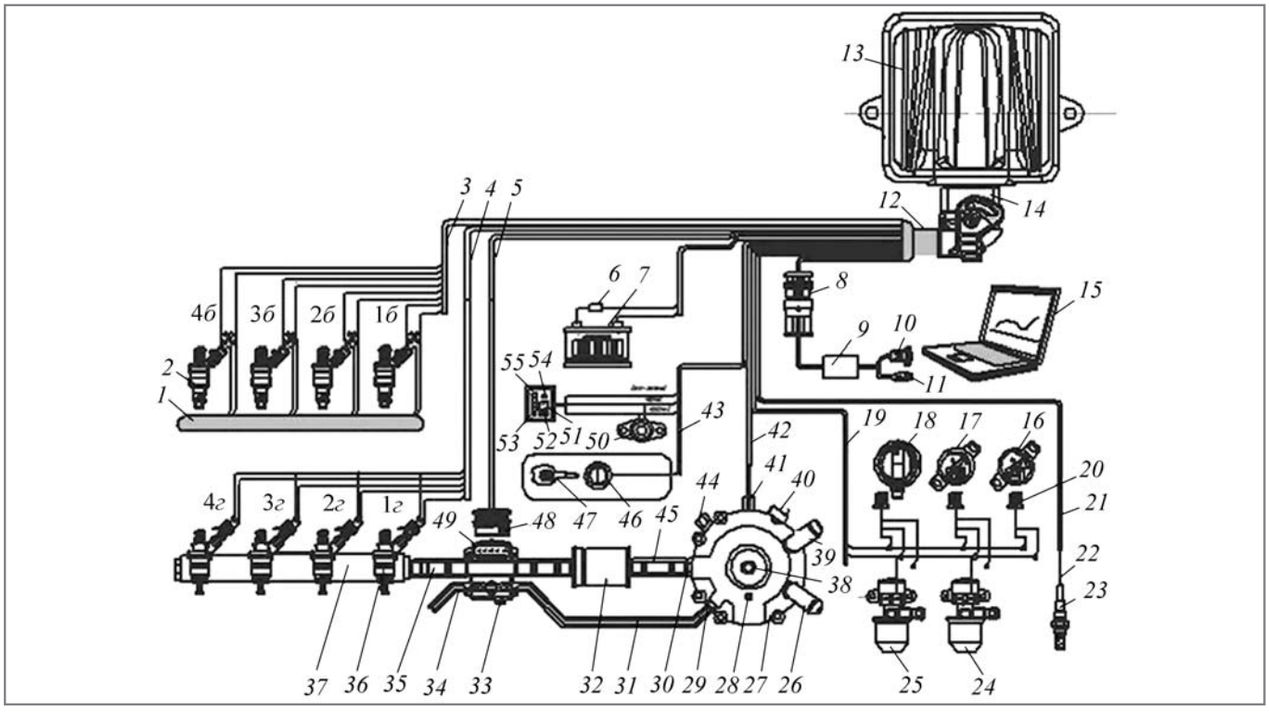



***Рис. 2.*** *Принципиальная схема универсальной газобаллонной установки для работы на сжиженном углеводородном газе:* *1* – разъем бензинового ЭБУ; *2* – бензиновая ЭМФ; *3* – цепь подключения бензиновых ЭМФ; *4* – цепь подключения газовых форсунок; *5* – электрическая цепь управления датчиком давления и температуры газа; *6* – предохранитель 15 А; *7* – АКБ; *8* – диагностический разъем интерфейса; *9* – интерфейс; *10* – электрический разъем; *11* – вилка; *12* – жгут проводов; *13* – газовый ЭБУ; *14* – разъем ЭБУ; *15* – персональный компьютер PC; *16* – датчик уровня СУГ в баллоне; *17* – датчик уровня СУГ; *18* – датчик давления КПГ; *19* – электрическая цепь датчиков; *20* – электрический разъем; *21* – электрическая цепь λ-зонда; *22* – электрическая цепь; *23* – λ-зонд; *24* – многофункциональный клапан; *25* – электромагнитный клапан; *26* – штуцер отвода охлаждающей жидкости; *27* – газовый редуктор; *28* – отверстие подключения датчика давления и газа в редукторе; *29* – штуцер подачи компенсационного давления; *30* – выходной штуцер подачи газа; *31* – компенсационный канал; *32* – газовый фильтр; *33* – датчик давления и температуры газа; *34* – газопровод компенсации давления; *35* – шланг расхода газа; *36* – газовая ЭМФ; *37* – газовая рампа; *38* – регулировочный ниппель давления газа; *39* – штуцер подачи охлаждающей жидкости; *40* – электромагнитный газовый клапан; *41* – датчик температуры газового редуктора; *42* – кабель; *43* – электрическая цепь; *44* – входной штуцер подачи газа; *45* – шланг; *46* – замок зажигания; *46* – разъем электрической цепи; *47* – ключ замка зажигания; *48* – разъем цепи; *49* – разъем датчика давления температуры газа; *50* – звуковой индикатор *51* – световой переключатель (индикатор); *52* – переключатель вида топлива "Газ–бензин"; *53* – индикатор минимального количества газа; *54* – индикатор подачи СУГ;*55* – индикатор уровня газа

Одна группа датчиков обеспечивает информацией о расходе воздуха, а другая – для синхронизации положения коленчатого и распределительного валов.

В состав исполнительных устройств входят четыре газовые ЭМФ *36* и четыре бензиновые ЭМФ *2*, регулятор дополнительного воздуха, разгрузочное реле системы управления двигателем и реле электрического бензинового насоса и две электромагнитные катушки и четыре свечи зажигания.

Система подключения эмулятора форсунок размещена в ЭБУ. Эмулятор (имитатор) форсунок включается в разрыв цепи управления форсунками. Эмулятор запитывается через переключатель газ/бензин, т. е. реле эмулятора должно быть запитано, когда открыт газовый клапан. Вместо электронного переключателя может устанавливаться обычная клавиша на два положения.

Электрическая система снабжена имитатором работы бензиновых форсунок, обеспечивающим

выключение их при работе двигателя на газовом топливе.

Длительность управляющего импульса рассчитывают с помощью ЭБУ на основании сигналов, поступающих от совокупности различных датчиков. В ранних вариантах систем впрыскивания синтезирование управляющих импульсов необходимой длительности осуществлялось на основе аналоговой и импульсной схемотехники.

Датчик *41* температуры газового редуктора, расположенный в его корпусе, подает на ЭБУ корректирующий сигнал. В дальнейшем происходят измерение и учет величины абсолютного давления и температуры газа, которое постоянно меняется. В системе не требуется проведения эмуляции λ-зонда. Важнейшим достоинством системы является полное отсутствие хлопков во ВТ.

Клавиша содержит указатель запаса газового топлива и переключатель выбора топлива (бензин, газ). Она находится в центральной консоли и контролирует следующие функции:

– выбор типа топлива бензин/газ; контроль уровня сжиженного газа в баллоне (индикация уровня топлива);

– индикация сбоев в работе (мигание/звуковой сигнал).

Выбор вида топлива определяется по указателю выбора топлива. С помощью переключателя выбора топлива можно переключить двигатель с работы на бензине на газ (или наоборот).

При вращении КВ двигателя со скоростью менее минимальной ЭБУ увеличивает длительность импульса, обогащая горючую смесь. После пуска двигателя расход впрыскиваемого топлива определяют по параметрам датчика массового расхода и датчика температуры охлаждающей жидкости.

Тип используемого топлива указывается постоянно горящими светодиодами: синий "ON" означает работу на газе, оранжевый "OFF" означает работу на бензине.

Быстрое мигание светодиода "ON" означает, что система в фазе запуска (запуск двигателя всегда выполняется на бензине) ожидает автоматического переключения в режим работы на газе.

Двигатель переключается с бензина на сжиженный газ при соблюдении следующих условий:

– наличие достаточного запаса сжиженного газа в баллоне;

– температура охлаждающей жидкости выше 20 °С;

– педаль управления дросселем нажата;

– обороты двигателя при движении автомобиля превышают 1200 об/мин.

Линейка синих светодиодов указателя *55* показывает уровень сжиженного газа в баллоне. Когда уровень сжиженного газа очень низок, загорается красный светодиод резерва топлива. Механизмы системы включают клапан.

Индикация среднего расхода топлива в комбинации приборов адаптирована к работе на газовом топливе.

При отказе одного или нескольких узлов ГБУ система автоматически переключается в режим работы на бензине. Если при последующем запуске двигателя вновь будет зарегистрирована неисправность, система переключится в режим работы на бензин.

При увеличении частоты вращения КВ двигателя ЭБУ *13* быстро изменяет положение дроссельной заслонки *7*, обеспечивая дополнительное поступление топлива. При уменьшении скорости дроссельная заслонка закрывается. Поступление топлива уменьшается, а затем на некоторое время прекращается совсем. ЭБУ *13* прекращает подачу топлива в том случае, если двигатель развивает максимально возможное число оборотов (в качестве защиты от разноса), а также при достижении автомобилем предельно допустимой скорости.

Светодиодный переключатель включает индикатор уровня газа, состояние работы ЭБУ и кнопку изменения вида топлива. Связующее звено получает информацию от датчиков, преобразует ее, приводя к привычному виду. ЭБУ преобразовывает и выдает команды на исполнительные механизмы (инжекторы, АБС или кондиционер).

Диоды-индикаторы указывают водителю о текущем уровне топлива. Последний красный диод означает резерв топлива.

*Состояние работы контроллера ГБО.* Если диод состояния активен, – это значит, что двигатель работает на газовом топливе. Если после пуска двигателя диод мигает, – это указывает фазу прогрева двигателя. Если диод состояния неактивен, – это значит, что двигатель работает на бензине.

*Кнопка изменения.* Нажатие кнопки приводит к переключению между видами топлива газ – бензин.

Звуковая сигнализация содержит три продолжительных звуковых сигнала, повторяющихся трижды и соответствующих низкому давлению га-

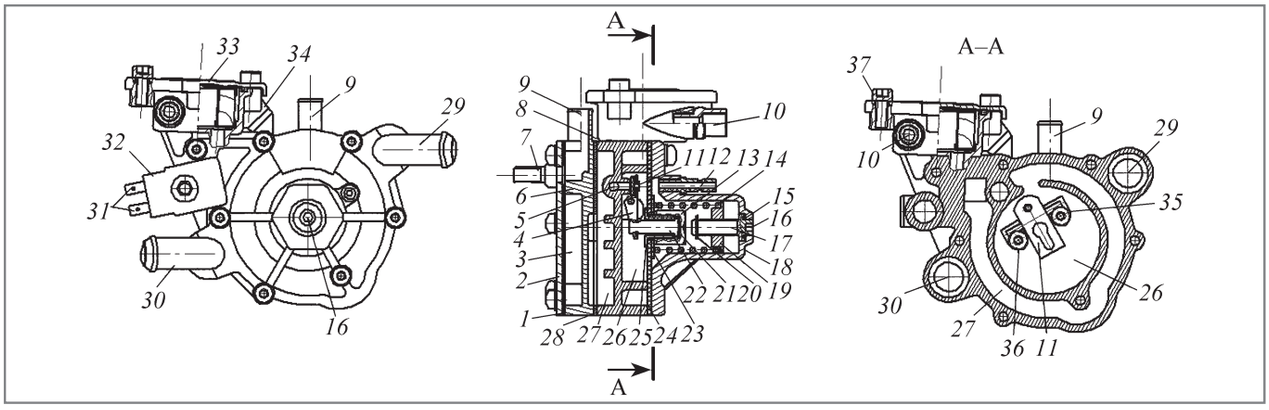



***Рис. 3.*** *Принципиальная схема одноступенчатого редуктора-испарителя СУГ:*
*1* – прокладка; *2* – крышка корпуса; *3* – выходная полость; *4* – рычаг клапана; *5* – входное отверстие газа; *6* – корпус испарителя; *7* – шпилька крепления; *8* – корпус редуктора; *9* – штуцер выхода газа; *10* – технологический штуцер; *11* – клапан; *12* – штуцер разрежения; *13* – колпачковая гайка; *14* – тарировочная пружина; *15* – уплотнитель; *16* – регулировочное отверстие; *17* – регулировочный винт; *18* – стакан корпуса редуктора; *19* – опорная тарелка; *20* – ограничительное кольцо; *21* – стопорное кольцо; *22* – винт; *23* – тарелка; *24* – мембрана; 25 – колпак; *26* – полость низкого давления; *27* – полость выходного давления; *28* – прокладка; *29* – штуцер подвода ОЖ; *30* – штуцер отвода ОЖ; *31* – электрические контакты; *32* – электромагнитный клапан; *33* – крышка корпуса газового фильтра; *34* – фильтр тонкой очистки газа; *35*, *36* – винты крепления клапана; *37* – винт крепления крышки газового фильтра

за. Подобная ситуация может иметь место в случае низкого уровня газа в баллоне Наличие четырех коротких звуковых сигналов, повторяющихся трижды, характеризует ошибку ЭБУ ГБО. При обнажении перегорания предохранителя системы может привести к сбоям в системе. Светодиодная панель не горит и не реагирует на конку при включенном замке зажигания может привести к сбоям в работе на бензине.

Принципиальная схема редуктора-испарителя СУГ системы питания нового поколения приведена на рис. 3.

Редуктор-испаритель представляет собой одноступенчатый автоматический регулятор подачи газа, обеспечивающий снижение давления газа, поступающего из баллона с давлением 1,6 МПа до давления 0,3 МПа.

Назначение газового фильтра связано с необходимостью очистки топлива от различных загрязнений и механических частиц размером более 10 мкм. Фильтр устанавливают непосредственно перед испарителем.

Редуктор состоит из корпуса *8*, штуцера входа СУГ, штуцеров подвода и отвода теплоносителя *29* и *30*, штуцер *9* выхода СУГ, входное отверстие *5*. Газ через штуцер подвода СУГ, поступает в полость низкого давления. Повышение давления в полости приводит к перемещению мембраны *24* с тарелкой *23*. В результате перемещения держатель клапана воздействует на клапан, что приводит к закрытию полости. В полости низкого давления устанавливается давление, соответствующее усилию пружины и отсекается от полости высокого давления. Изменяя усилие затяжки тарировочной пружины *14* вращением регулировочного винта *17* можно изменять давление в полости низкого давления *26*.

Давление газа в редукторе поддерживается на постоянном уровне по отношению к давлению воздуха во впускном трубопроводе двигателя посредством регулятора давления, обеспечивающего слив излишков топлива по сливному трубопроводу через обратный клапан в резервуар для его хранения. При этом электроуправляемые форсунки обеспечены системой подогрева распылителя.

Алгоритм работы переключателя газ/бензин обеспечивает переход с газа на бензин. В положении "ГАЗ", если зажигание выключено, то оба клапана обесточены, т. е. закрыты. Если двигатель запустили и он работает на оборотах ниже 2500 (порог срабатывания регулируется потенциометром R10), то клапан газа закрыт, а клапан бензина открыт и двигатель работает на бензине. Теперь если

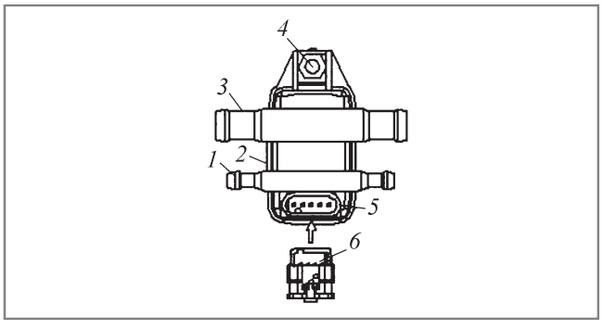



***Рис. 4.*** *Принципиальная схема датчика давления: 1 – трубопровод подключения датчика давления газа; 2 – корпус; 3 – трубопровод подачи газа; 4 – входной штуцер; 5 – разъем подключения датчика давления температуры газа; 6 – штекер подключения цепи датчика давления и температуры*

произошло однократное повышение оборотов выше 2500, то клапан бензина закрывается, а клапан газа открывается и автомобиль в дальнейшем движется на газу. Цикл повторяется.

Производительность редуктора-испарителя составляет 40 кг/ч СУГ при расходе жидкости через испарительную полость редуктора 6 л/мин и температуре 80 °С.

Форсунки установлены в распределительной магистрали. Газ поступает в полость открытой ЭМФ, а затем поступает по пластмассовому шлангу в двигатель. Работа ЭМФ сопровождается переключением с помощью управляющего сигнала. Техническая характеристика ЭМФ: время реакции 1,7 мс, рабочая температура 40–120 °С и максимальное рабочее давление 3 бар. Продолжительность срока службы ЭМФ составляет 300 млн циклов.

ЭМФ открывается только при получении управляющего сигнала от блока управления ГБУ. Когда по катушке протекает ток, вокруг нее возникает магнитное поле. Под воздействием магнитного поля якорь с уплотнительной кромкой поднимается вверх, преодолевая усилие пружины.

В испарителе СУГ переводится из жидкого состояния в газообразное. Испаритель выполняет также функцию редуктора, уменьшая давление газа с 1 до 0,1 МПа избыточного давления по отношению к давлению во ВТ. Редуктор-испаритель представляет собой двухступенчатый автоматический регулятор для снижения давления в первой ступени до 0,07–0,09 МПа и во второй до 7+ 0,50 Па, т.е. практически до атмосферного.

Принципиальная схема датчика давления приведена на рис. 4.

Разность между абсолютным давлением топлива в системе и абсолютным давлением воздуха во впускном трубопроводе за дроссельной заслонкой поддерживается постоянной. Для этой цели используется специальный регулятор давления (стабилизатор перепада давления), перепускающий часть поступающего топлива обратно в бензобак по трубопроводу.

Принципиальная схема газовой распределительной магистрали приведена на рис. 5.

Четыре газовые ЭМФ *2* установлены в распределительной магистрали, снабженной датчиком *1* давления газа и температуры. Газ поступает в полость открытой ЭМФ, а затем в двигатель. Работа ЭМФ сопровождается переключением с помощью управляющего сигнала. Датчик обеспечивает измерение давления и температуры газа. Датчик *1* давления и разрежения отслеживает все изменения в газовой магистрали блока форсунок ВТ, преобразовывает и передает их на ЭБУ. Магистраль расположена у верхней части впускного трубопровода.

Общий вид ЭМФ подачи газа приведен на рис. 6.

Техническая характеристика форсунки: время реакции 1,7 мс, рабочая температура – 40–120 °С и максимальное рабочее давление 0,3 МПа. Продол-

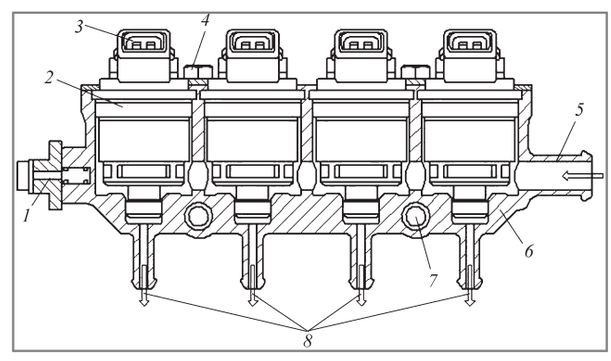



***Рис. 5.*** *Принципиальная схема газовой распределительной магистрали:*
*1* – датчик давления и температуры; *2* – клапан подачи газа; *3* – электрический разъем; *4* – болт крепления; *5* – входной штуцер; *6* – корпус магистрали; *8* – штуцер выхода газа к впускному трубопроводу

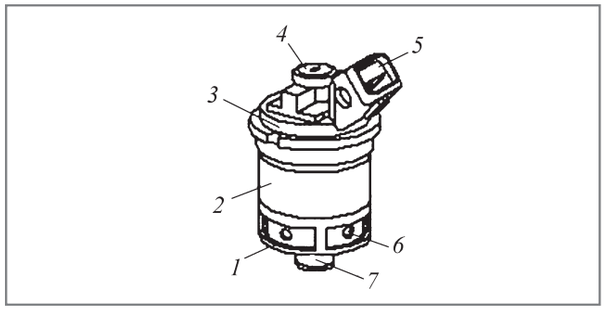



***Рис. 6.*** *Общий вид ЭМФ:*
*1* – днище ЭМФ; *2* – корпус ЭМФ; *3* – крышка ЭМФ; *4* – винт крепления; *5* – электрический разъем; *6* – отверстие входа газа; *7* – штуцер выхода газа

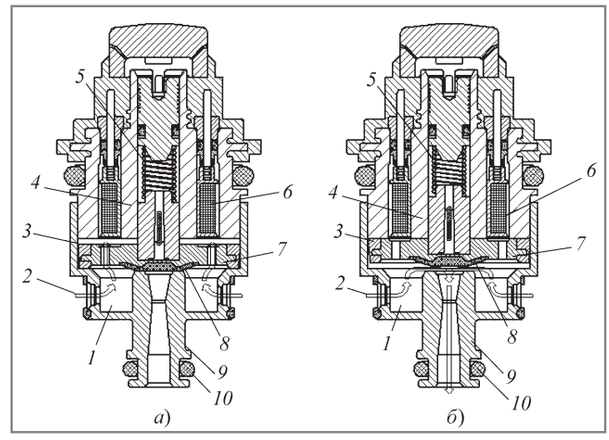



***Рис. 7.*** *ЭМФ подачи газа:*
*1* – нижняя камера; *2* – входное отверстие; *3* – верхняя камера; *4* – втулка; *5* – пружина; *6* – катушка электромагнита; *7* – якорь; *8* – уплотнительная кромка; *9* – калиброванный штуцер выхода газа *10* – уплотнение; *а* – управляющий сигнал не подан; *б* – управляющий сигнал подан

жительность срока службы ЭМФ составляет 300 млн циклов.

Форсунка снабжена большими катушками, исключающими залипания клапанов. Блок управления ГБУ при работе двигателя на газе управляет газовыми ЭБУ с помощью сигнала широкоимпульсной модуляции.

Перед автоматическим переключением с работы на бензине на работу на газе (т. е. один раз для одного пуска двигателя) система выполняет проверку работы газовой ЭМФ. Это означает, что незадолго до переключения с бензина на газ ЭБУ газовой системы подает на клапаны управляющий сигнал, оставляя их на некоторое время открытыми. Эта мера предосторожности против наличия залипания клапанов подачи газа вследствие наличия в них отложений.

Принципиальная схема ЭМФ газа приведена на рис. 7.

Газовая ЭМФ представляет собой электромагнитный клапан, снабженный на выходе калиброванным жиклером *9*. В каждый цилиндр газ подается своей форсункой. Газ от штуцера форсунки поступает в штуцер на ВТ по резиновому трубопроводу. При этом используется сигнал, предназначенный для бензиновой форсунки того же цилиндра, что позволяет сохранить синхронизированный впрыск и при газовом режиме.

При подборе калиброванных штуцеров *9* необходимо учесть факторы, определяющие выбор диаметра их отверстия (рабочего сечения), мощность двигателя, количество цилиндров (табл. 1).

Во время работы на СУГ ЭБУ получает информацию о давлении и температуре газа, поступающего на форсунки, и разрежении во ВТ.

Разница между давлением $P_г$, поступающего из редуктора-испарителя, и разрежением $P_v$ ВТ есть абсолютное давление, которое и используется газовым ЭБУ для корректировки времени открытия газовой форсунки $P = P_г - P_v$. При работе двигателя на газе клапаны подачи газа подают сжиженный углеводородный газ (в газообразном состоянии) в каналы отдельных цилиндров во ВТ.

При работе на газовом топливе ЭБУ газовых форсунок впрыскивает топливо во ВТ около впускных клапанов. Процессом открытия и закрытия ЭМФ

*Таблица 1*

**Параметры выбора калиброванных штуцеров для четырехцилиндрового двигателя**

| Вариант | Диаметр жиклера, мм | Мощность двигателя, кВт |
|---|---|---|
| 1 | 1,5 | 27 |
| 2 | 2,1 | 54 |
| 3 | 2,3 | 79 |
| 4 | 2,4 | 92 |
| 5 | 2,5 | 111 |

управляет ЭБУ газовый системы, соединенным со штатным ЭБУ двигателя электрическими цепями для управления бензиновыми форсунками.

При отсутствии управляющего сигнала напряжение на обмотку клапана не подается. Под воздействием усилия пружины поршень *4* вместе с анкером и уплотнительной кромкой сдвигаются вниз и закрывают канал выхода газа во ВТ. Через впускной штуцер газ проходит в нижнюю камеру *1*, а из нее через отверстия в якоре *7* в верхнюю камеру *3* клапана подачи газа. В результате этого давление в верхней и нижней камерах одинаково. В другом случае действующее в нижней камере избыточное давление (по сравнению с верхней) сместило бы якорь вместе с уплотнительной кромкой вверх, преодолевая сопротивление пружины, и клапан подачи газа открылся бы.

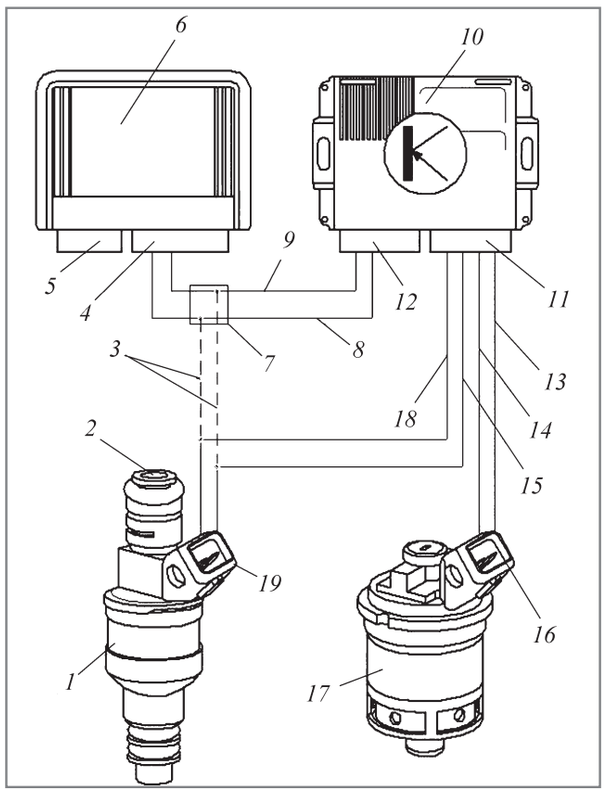



***Рис. 8.*** *Блоки управления бензиновой и газовой ЭМФ:* *1* – бензиновая ЭМФ; *2* – входной штуцер; *3* – разрыв соединения; *4* – электрический разъем; *5* – электрический разъем; *6* – ЭБУ двигателем; *7* – электрический разъем жгута проводов; *8* – цепь (–); *9* – цепь (+); *10* – ЭБУ ГБУ; *11* – электрический разъем; *12* – электрический разъем; *13* – цепь (+); *14* – цепь (–); *15* – цепь (+); *16* – разъем газовой ЭМФ; *17* – газовая ЭМФ; 18 – цепь (–); *19* – разъем бензиновой ЭМФ

ЭМФ открывается только при получении управляющего сигнала от газового ЭБУ. При подаче напряжения на ЭБУ управляющий сигнал поступает от электронного блока управления газобаллонной установки.

В корпусе ЭБУ расположен электрический разъем и катушка электромагнита. Когда по катушке протекает ток, вокруг нее возникает магнитное поле. Под воздействием магнитного поля якорь с уплотнительной кромкой поднимается вверх, преодолевая усилие пружины. Через отверстия в якоре газ перетекает из верхней камеры клапана обратно в нижнюю. Клапан подачи газа открывается. Через ВТ газ попадает в камеру сгорания. ЭМФ автоматически прерывает подачу газа в случае остановки двигателя или его работы на бензине, а также в случае аварии.

Принципиальная схема блоков системы управления газобаллонной установкой приведена на рис. 8.

Нижние (выходные) части форсунок через уплотняющие кольца, вставлены в специальные гнезда в теле впускного тракта таким образом, что сопла форсунок располагаются в зоне над впускными клапанами.

ЭБУ является управляющим центром системы впрыскивания топлива. Он непрерывно обрабатывает информацию от функциональных датчиков и управляет системами, влияющими на токсичность ОГ и основные эксплуатационные показатели автомобиля.

ЭБУ снабжен встроенной системой диагностики. Он обеспечивает распознавание различных дефектов в работе системы, предупреждая о них водителя через контрольную лампу *33* "CHECK ENGINE". Блок хранит диагностические коды, указывающие области неисправности, обеспечивая помощь специалистам при проведении ремонта.

Четыре форсунки с электромагнитным управлением размещают сверху каждого впускного клапана двигателя. Калиброванное отверстие форсунки закрывается иглой, управляемой с помощью соленоида, плунжер которого втягивается при протекании тока через его обмотку. После прекращения действия электрического импульса запорная мембрана под действием пружины вновь опускается и, закрывая отверстие, прекращает подачу топлива.

Электрический бензонасос подает топливо из топливного бака через подающий трубопровод и топ-

ливный фильтр и направляет его к топливным форсункам. Регулятор давления поддерживает во впускном трубопроводе постоянное давление. Избыток топлива возвращается обратно в топливный бак.

Уплотнение форсунок в отверстиях топливопровода и впускного трубопровода осуществляется с помощью резиновых колец круглого сечения.

Топливо из бака подается электрическим бензонасосом и под давлением поступает сначала к топливному фильтру, а затем к распределительному трубопроводу.

Обработка данных происходит в цифровом блоке управления. Сигналы датчиков поступают на входы аналого-цифровых преобразователей, в которых напряжение датчиков преобразуется в цифровые коды, с которыми работает микропроцессор.

Когда процессор получает код угла положения дроссельной заслонки, он считывает из памяти данных значение расхода воздуха, соответствующее этому коду.

Затем расход воздуха корректируется в соответствии с сигналами датчиками температуры всасываемого воздуха.

На основании полученного значения выбирается величина расхода топлива с учетом режима двигателя (пуск, прогрев, разгон и т.д.). Она корректируется в зависимости от температуры двигателя.

По полученному значению сигнал блока управления – командный импульс для форсунки впрыскивания.

Для этого из памяти считывается время открытия форсунки, затем – время открытого состояния форсунки для полученного ранее количества топлива и время закрытия форсунки.

Сумма этих трех величин дает длительность командного импульса. Если требуется обогатить смесь, то форсунка открывается на более длительное время, если обеднить – на более короткое. Импульсы выдаются на форсунку с частотой синхронизации в системе зажигания.

В разъеме *7* путь управляющего сигнала впрыска бензина прерывается и сигнал перенаправляется в блок управления газобаллонной установки. Блок управления газобаллонной установки содержит микропроцессор, принимает на себя функции управления работой на газе, чтобы обеспечить минимальный уровень токсичности ОГ и максимальную эффективность сгорания. Чтобы обеспечить холодный пуск ДВС на газе в ЭБУ бензина, необходимо провести модификацию. В бензиновом блоке *6* электрическая цепь управления бензиновыми форсунками размыкается.

Газовый ЭБУ перехватывает сигнал управления электромагнитными бензиновыми форсунками и производит корректировку этого сигнала, что необходимо в связи с особенностями работы ДВС на газе. При корректировке бензинового сигнала придерживаются следующего принципа: количество дозируемого газового топлива, которое определяется временем открытия газовой форсунки, должно быть энергетически эквивалентно количеству потребности в бензине в данный момент, определяемый базовым ЭБУ (обеспечивается временем открытия). Жгут проводов ГБУ снабжен разъемами.

Программа содержит дисплей, на котором отображаются все сигналы, которые обрабатывает ЭБУ. Основное меню содержит параметры автомобиля, дисплей, диагностику, автокалибровку, сохранить параметры загрузить, параметры обновляющие прошивку ЭБУ. Напряжение зонда считывают по фиолетовому проводу. Окно редуктора позволяет регулировать давление в редуцирующем механизме.

Температура редуктора обеспечивает переключение вида топлива. В меню указывают температуру, которой должен достичь редуцирующий механизм для перехода на газ. ЭБУ не осуществляет переход на газ, если температура ниже заданной. Рекомендуется установка температуры от 20 до 45 °С, так как установка более низкой температуры может привести к переходу, когда редуктор недостаточно прогрет для корректной подачи газа.

Установка более высокой температуры приводит к чрезмерной задержке к переходу на газ. Переключение с бензина на газ выполняется при ускорении, если количество оборотов двигателя превышает значение, заданное в меню.

Управляемые сигналы, обрабатываемые ЭБУ, приведены на рис. 9.

Настройку впускной системы осуществляют на определенном скоростном режиме. В этом случае обеспечивают определенное давление перед впускными клапанами. Обеспечивается более высокое наполнение цилиндров, а значит и более высокая мощность.

Датчик температуры газа позволяет установить его значение. Топливная карта представляет собой цифровой дисплей, коэффициент умножения ко-

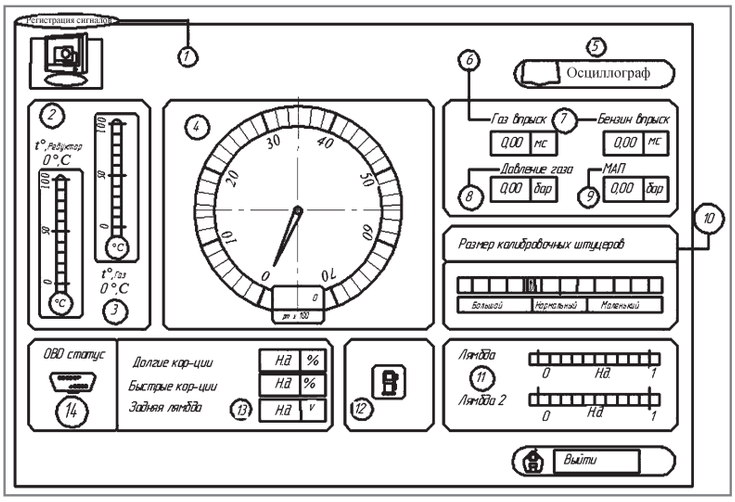



***Рис. 9.*** *Принципиальная схема дисплея: 1 – компьютер; 2 – температура редуктора; 3 – температура газа; 4 – тахограф, мин$^{-1}$; 5 – параметры осциллографа; 6 – продолжительность впрыска газа, мс; 7 – продолжительность впрыска бензина, мс; 8 – давление газа; 9 – давление датчика; 10 – информация диметра калиброванных отверстий; 11 – напряжение λ-зонда; 12 – указатель "Газ–бензин"; 13 – параметры разъема OBD – II; 14 – разъем OBD – II*

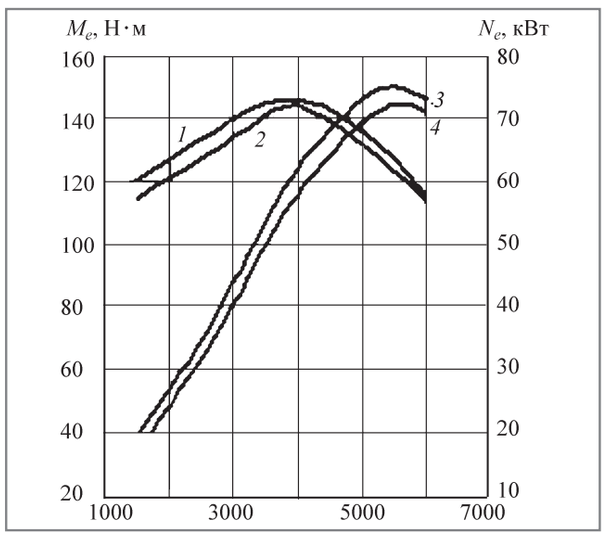



***Рис. 10.*** *Внешняя скоростная характеристика двигателя при работе на бензине и газовом топливе: 1, 4 – крутящий момент и мощность двигателя при работе на бензине; 2, 3 – крутящий момент и мощность двигателя при работе на бензине*

торого позволяет контролировать расчет времени впрыска газа. На оси *Y* карты содержатся показатели времени впрыска газа, а на оси *X* – частота вращения КВ. На карте отображается красная точка, отмечающая значения частоты вращения и времени с которыми работает ДВС.

Внешняя скоростная характеристика двухтопливного двигателя FlexFuel (E85) (S/D = 77/81) при работе на бензине и СУГ приведена на рис. 10 [3]. Рабочий объем двигателя составляет 1,6 л, мощность – 75 кВт, степень сжатия – 10,3. Работа осуществляется на неэтилированном бензине с ОЧ = 95. Двигатель соответствует "Евро-4". При работе на газе двигатель развивает мощность 72 кВт. Максимальная мощность и крутящий момент снижаются на 3–4 %.

Выброс вредных веществ автомобиля среднего класса при работе на бензине и СУГ приведен на рис. 11.

Безопасная работа газобаллонной установки для СУГ обеспечивается рядом технических решений, заложенных в ее конструкцию на этапе проектиро-

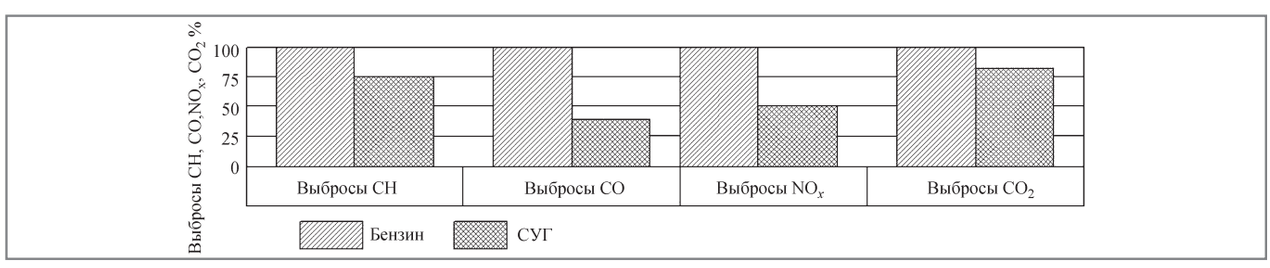



***Рис. 11.*** *Выброс вредных веществ автомобиля при работе на бензине и газовом топливе*

вания. Основные компоненты газобаллонной установки установлены в автомобиле таким образом, что они защищены от внешних воздействий и повреждений. Высокий уровень безопасности системы подтверждается рядом специальных тестов.

Энергетическая безопасность страны остается приоритетной проблемой национальной экономики. Применение СУГ в качестве моторного топлива обеспечивает решение энергетических проблем автомобильного транспорта как на ближайшую перспективу, так и на отдаленное будущее. Практическая реализация энергетических и экологических преимуществ газового топлива на автомобильном транспорте связана с созданием газобаллонных автомобилей нового поколения. Применение автомобилей с газовыми двигателями позволяет наиболее эффективно решить проблему применения СУГ на автомобильном транспорте. Полное отсутствие хлопков во ВТ предотвращает разрушение ВТ и повышает в целом технический уровень системы питания.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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

2. **Газобаллонная** установка на сжиженном газе BiFuel. Service Training VSQ.

3. **Программа** самообучения 427. "VOLKSWAGEN Group Academy" http:jetta-club.org/uploads/SSP_rus 427 dreysteija. Pdf2009. 59 с.

*УДК 621.593*

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА ПЕРЕД СЖИЖЕНИЕМ

**М.С. Лебедев,** Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*В статье представлено исследование работы оборудования комплекса по производству СПГ на базе ГРС Новосвердловской ТЭЦ в целях определения эффективности очистки газа от диоксида углерода для соответствия требованию ГОСТа, а также предлагается технологическое решение по повышению надежности и эффективности работы блока подготовки газа.*

***Ключевые слова:*** *сжиженный природный газ; диоксид углерода; блок очистки; адсорбент.*

# INCREASING THE EFFICIENCY OF NATURAL GAS PURIFICATION FROM CARBON DIOXIDE BEFORE LIQUEFACTION

**Lebedev M.S.,** Federal University named after B.N. Yeltsin, Ekaterinburg City

*This report presents a study of the operation of the equipment for the LNG production facility at the GDS of Novosverdlovskaya CHPP to determine the efficiency of gas purification from carbon dioxide in order to meet the GOST requirement, and also offers a technological solution for increasing the reliability and efficiency of the gas treatment unit.*

***Keywords:*** *liquefied natural gas; carbon dioxide; purification unit; adsorbent.*

Малотоннажное производство сжиженного природного газа (СПГ) на сегодняшний день является одним из наиболее актуальных направлений деятельности ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург". Качество продукта зависит от технологии производства. Одной из важных характеристик СПГ согласно ГОСТу является содержание в нем диоксида углерода, поскольку при высоком его содержании в конечном продукте возможно образование сухого льда и нарушение работы оборудования.

Блок очистки от $CO_2$ на комплексе СПГ [1, 2] состоит из двух адсорберов, которые попеременно находятся в работе и в режиме регенерации. Согласно проекту установки сжижения время защитного действия адсорбера очистки должно быть не менее 8 ч, а остаточное содержание диоксида углерода не должно превышать величину 0,005 об.% (50 ppm). Однако в процессе проведения анализов проб конечного продукта (СПГ) наблюдается значительное превышение этой величины (среднее значение за 2013–2015 гг. составило 0,1012 об.%) [3]. Повышенная концентрация $CO_2$ в СПГ приводит к его несоответствию по физико-химическим показателям ГОСТ Р 56021–2014 [4] – 50 ppm. Значительная часть $CO_2$ растворяется в сжиженном газе, но растворимость $CO_2$ в жидком метане зависит от температуры и давления [4]: при давлении насыщенных паров метана $P = 0{,}49$ МПа и температуре $T = 135$ К (приблизительные параметры при хранении СПГ на комплексе) в нем может растворяться примерно 2000 ppm $CO_2$ и, соответственно, при концентрации до 0,2 % опасность выпадения $CO_2$ в твердой фазе отсутствует. Проблема может возникнуть непосредственно у потребителя при снижении давления и температуры.

Основными потребителями СПГ, произведенного на комплексе, являются газотурбовозы (инновационные локомотивы РЖД), использующие СПГ в качестве топлива. Топливная система локомотива устроена таким образом, что жидкость отбирается на поршневой насос при давлении не выше 0,3 МПа (по условиям надежной работы насоса) и далее поступает на регазификатор при давлении 3,5 МПа [5]. Однако при подаче топлива часто наблюдалось падение давления на входе в насосе, а также нарушение его работы, приводящее к износу деталей. Это связано с тем, что при снижении температуры и давления СПГ растворимость $CO_2$ резко снижается (примерно до 1000 ppm), и возникают условия для выпадения твердой фазы, что недопустимо при эксплуатации.

Основные причины, приводящие к превышению концентрации $CO_2$ в конечном продукте:

1. Изменение состава исходного газа, поступающего на установку сжижения.
2. Повышенная температура природного газа, поступающего на блок очистки.
3. Качество регенерации фильтра.

Концентрация метана в исходном природном газе от года к году уменьшается, а концентрация диоксида углерода, напротив, увеличивается и превышает значение, принятое при проектировании комплекса, в 3,5 раза. Увеличение содержания $CO_2$ в исходном газе уменьшает время защитного действия блока очистки от $CO_2$.

Температура газа после турбокомпрессора составляет +27 °С и с такой температурой он посту-

**Состав газа, об.%**

| Компонент | Проект | 2011 г. | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Метан ($CH_4$) | 97,654 | 97,68 | 97,28 | 97,13 | 96,58 | 96,16 | 95,91 |
| Этан ($C_2H_6$) | 0,691 | 0,77 | 0,91 | 1,08 | 1,36 | 1,67 | 1,8 |
| Пропан ($C_3H_8$) | 0,3271 | 0,253 | 0,343 | 0,044 | 0,464 | 0,53 | 0,548 |
| i-бутан ($C_4H_{10}$) | 0,042 | 0,03 | 0,049 | 0,044 | 0,058 | 0,075 | 0,075 |
| h-бутан ($C_4H_{10}$) | 0,05 | 0,035 | 0,057 | 0,311 | 0,067 | 0,078 | 0,08 |
| h-пентан ($C_5H_{12}$) | 0,01 | 0,0053 | 0,0136 | 0,0077 | 0,0125 | 0,014 | 0,0133 |
| h-гексан ($C_6H_{14}$) | 0,003 | 0,0027 | 0,0069 | 0,0059 | 0,0112 | 0,0152 | 0,0114 |
| Азот ($N_2$) | 1,184 | 1,11 | 1,19 | 1,2 | 1,22 | 1,19 | 1,28 |
| Кислород ($O_2$) | 0,021 | 0,0139 | 0,0142 | 0,014 | 0,012 | 0,0188 | 0,0129 |
| Диоксид углерода ($CO_2$) | 0,065 | 0,091 | 0,11 | 0,141 | 0,177 | 0,21 | 0,227 |

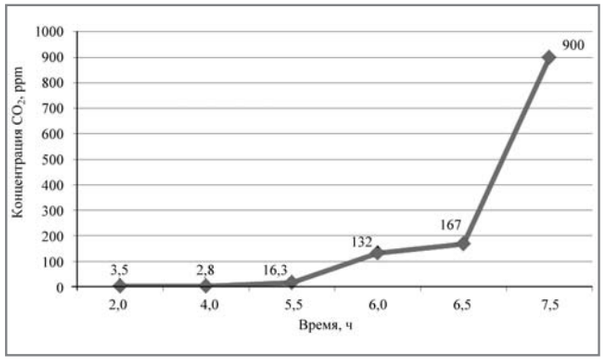



*Рис. 1. Изменение концентрации $CO_2$ в очищенном газе*

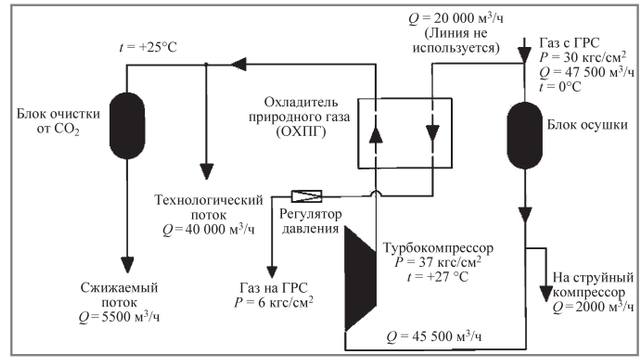



*Рис. 2. Действующая схема движения газа (ОХПГ не используется)*

пает в адсорберы блока очистки от $CO_2$. Проектом предусматривалась температура входа в блок очистки в диапазоне от +3 до +35 °С. Необходимо заметить, что адсорбционная емкость цеолита к $CO_2$ зависит от температуры очищаемой среды. По изотермам адсорбции, приведенным в 100 кг СИЛИПОРИТА 10А (адсорбент) при температуре +3 °С поглощает 15 кг $CO_2$, а при температуре +27 °С – всего 10 кг. Таким образом, повышенная температура газа снижает адсорбционную емкость цеолита почти в 1,5 раза.

Проведенные замеры концентрации $CO_2$ в газе за адсорберами (рис. 1) подтверждают предположение о недостаточной емкости адсорбента в фильтре при современной концентрации $CO_2$ в газе.

Время защитного действия заканчивается в районе 5,5 ч, вместо необходимых 8 ч, после чего наблюдается резкое увеличение $CO_2$ в пробах газа. Отбор проб газа производился при давлении потока 3,7 МПа. Причем эти данные получены при очень хорошей регенерации адсорбера в период плановой остановки комплекса: перед пуском установки регенерация проводилась методом продувки адсорбента горячим газом до полного прогрева всего слоя адсорбента до температуры 220–240 °С в течение 6 ч с последующим охлаждением. В процессе работы ожижителя (после первого цикла работы адсорберов – через 8 ч) на регенерацию отводится только 2,5 ч, поэтому прогревается только часть защитного слоя. Затем адсорбент продувается холодным газом, отбираемым с выхода работающего адсорбера, при этом теплота нагретых слоев передается последующим вышележащим слоям, продолжая процесс десорбции до исчерпания теплоты нагретых слоев. После чего идет процесс чистого охлаждения.

Газ, используемый для регенерации и охлаждения, отбирается с выхода адсорбера, который к тому времени уже находится в состоянии проскока $CO_2$. То есть стадия охлаждения осуществляется загрязненным потоком природного газа. Таким образом, отрегенерированный адсорбер на момент переключения имеет сниженный ресурс.

Для увеличения времени защитного действия блока очистки и, как следствие, повышения качества конечного продукта (СПГ) предлагается внести изменения в схему движения потоков на станции. В существующей схеме (рис. 2) поступающий газ с ГРС под давлением 30 кгс/см² должен был разделяться на два потока. Поток, охлаждающий и основной, который после осушки, сжатия в турбокомпрессоре и охлаждения в охладителе природного газа (ОХПГ) разделяется на технологический и сжижаемый поток.

Поскольку увеличить высоту защитного слоя цеолитов в существующих адсорберах не представляется возможным, то предлагается использовать свойство увеличения адсорбционной емкости при понижении рабочей температуры сорбента до

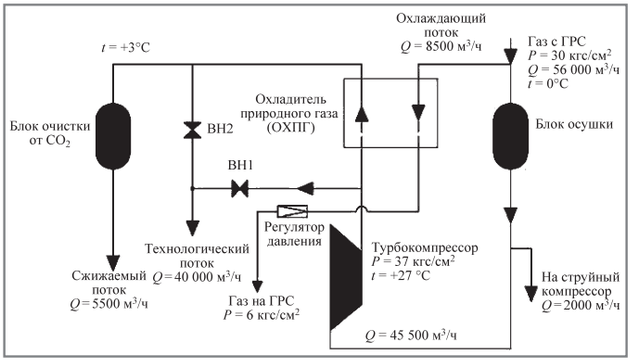



***Рис. 3.*** *Схема движения газа с использованием ОХПГ*

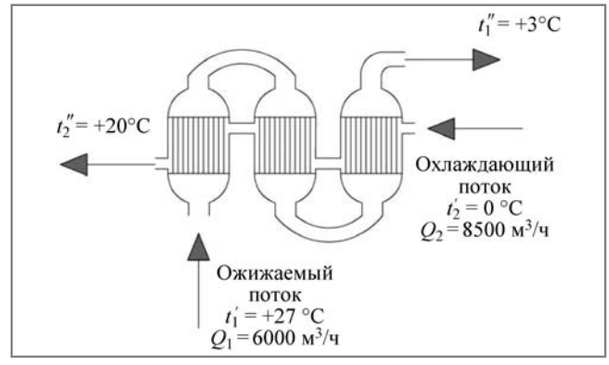



***Рис. 4.*** *Охладитель природного газа*

+3–+8 °C за счет подачи необходимого количества охлаждающего газа в ОХПГ.

Охлаждение до более низких температур (к текущему значению) потребует большего количества охлаждающего газа, что отрицательно скажется на коэффициенте сжижения комплекса, на возможности работы при низких расходах через ГРС в летние месяцы и, как следствие, на его экономических характеристиках.

Для исключения вышеназванных негативных последствий предлагается следующее решение: отделять часть технологического потока перед ОХПГ, смешивая его с необходимым количеством газа, прошедшего охлаждение, регулируя его температуру в пределах от +20 до +30 °C (в зависимости от температуры окружающей среды) с помощью ВН1 и ВН2 (рис. 3).

Расчеты показали, что для охлаждения только сжижаемого потока до 3 °C (когда весь технологический поток отбирается до ОХПГ) потребуется подавать в ОХПГ 8500 м$^3$/ч (при н.у.) охлаждающего потока, что примерно втрое меньше проектного значения. Расчетные параметры потоков при этом приведены на рис. 4.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гайдт Д.Д., Мишин О.Л.** Способ производства сжиженного природного газа и комплекс для его реализации: пат. № 2541360 Рос. Федерация: МПК F25J 1/00 (2006.01) / патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Газпром трансгаз Екатеринбург". № 2014106445/06; заявл. 20.02.2014; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4.

2. **Попов Н.А., Белов М.Б.** Создание установок сжижения природного газа и внедрение эффективных СПГ технологий // АвтоГазоЗаправочный Комплекс+Альтернативное топливо. 2011. № 2. С. 17–20.

3. **Мишин О.Л.** Опыт проектирования, изготовления и эксплуатации блоков подготовки газа перед сжижением для комплекса производства СПГ на ГРС-4 г. Екатеринбурга: доклад – Екатеринбург, 2016. 22 с.

4. **ГОСТ Р 56021–2014** "Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок".

5. **Коссов В.С., Руденко В.Ф., Нестеров Э.И.** Первый в мире газотурбовоз, работающий на сжиженном природном газе // АвтоГазоЗаправочный Комплекс+Альтернативное топливо. 2009. № 3. С. 32–36.

УДК 631.37:662.767.1

# ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА СЖАТОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

**В.П. Коваленко**, д-р техн. наук; **С. Н. Девянин,** д-р техн. наук; **Е. А. Улюкина,** д-р техн. наук; **А.В. Тодорив,** Государственная сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, г. Москва

*На основании анализа вариантов обеспечения сельскохозяйственной техники газом непосредственно в местах проведения полевых работ показано, что значительный эффект может быть достигнут, если объединить их преимущества. Предложен модульный автогазозаправщик, представляющий собой автомобильное шасси повышенной проходимости, оснащенное несколькими заправочными модулями, приспособленными как к работе с автомобиля, так и к автономному использованию без обслуживающего персонала при размещении на грунте. Показано, что сущность блочно-модульного принципа компоновки автозаправщика состоит в том, что изделие формируется из отдельных модулей, связанных технологически между собой и выполняющих определенные функции, причем под модулем понимается конструктивно, технологически и функционально завершенный элемент.*

***Ключевые слова:*** *перспективы; реализация; заправка топливом; компримированный природный газ; полевые условия; сельскохозяйственная техника.*

## PROSPECTS OF OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINERY ON COMPRESSED NATURAL GAS

**Kovalenko V.P.**, D-r of technical Sciences; **Devyanin S.N.,** D-r of technical sciences; **Uljukina E.A.,** D-r of technical sciences; **Todoriv A.V.,** Timiryazev Agricultural Academy, Moscow

*Based on the analysis of options for agricultural equipment gas directly in the places of carrying of field work it has been shown that a significant effect can be achieved when you combine their strengths. The modular automobile gas refueller, which is a car chassis all terrain equipped with several filling modules adapted as a to work with the car, and to use autonomous without attendants when placed on the ground is offered. It is shown that the essence of block-modular principle of arrangement of automobile gas refueller is that the product is formed from separate modules, technologically connected with each other and performing certain functions, with a module is understood structurally, technologically and functionally complete element.*

***Keywords:*** *prospects; sales; fueling; compressed natural gas; field conditions agricultural machinery.*

Газомоторное топливо в качестве альтернативы жидким нефтяным топливам занимает лидирующую позицию среди других альтернативных топлив благодаря своей экономичности, экологичности и доступности. В качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания могут использоваться сжиженные углеводородные газы преимущественно нефтяного происхождения (СУГ или пропан-бутановые смеси), компримированные (сжатые) природные газы (КПГ) и сжиженные природные газы (СПГ), основой которых является метан.

Из перечисленных газомоторных топлив наиболее перспективным для использования при эксплуатации двигателей являются КПГ, что обусловлено достаточно широким развитием в стране магистральных газопроводов и промышленно-бытовых газовых сетей, при наличии которых получение сжатого газа является несложной и малозатратной технической задачей, а также возможностью применения этого топлива в существующих дизельных двигателях без их существенной модернизации. По мнению специалистов, метан является на сегодняшний день наиболее экологичным, безопасным и выгодным топливом из числа подобных. Использование метана в сжиженном состоянии (в виде СПГ), хотя и имеет перед КПГ некоторые преимущества по энергетическим показателям, но сложнее в технологическом плане, так как требует применения криогенной техники.

В Российской Федерации принят ГОСТ 27577 "Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания", регламентирующий свойства этого продукта и являющийся правовой базой для его использования в качестве моторного топлива. Однако широкое внедрение этого топлива тормозится недостаточным количеством мобильной техники, потребляющей КПГ, и отсутствием развитой инфраструктуры для его реализации.

В сфере сельскохозяйственного производства КПГ в первую очередь может найти применение при эксплуатации автомобилей, разработанных на базе КАМАЗ для перевозки сельскохозяйственных грузов. Модельный ряд автомобилей сельскохозяйственного назначения, работающих на газомоторном топливе, включает зерновозы, овощевозы, хлопковозы, силосовозы, загрузчики сухих кормов, самосвалы с двух- и трехсторонней разгрузкой и т.п. Заправка этих машин может осуществляться на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), что значительно облегчает их эксплуатацию.

На базе серийно выпускаемых тракторов сельскохозяйственного назначения Всероссийским институтом механизации сельского хозяйства (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии) разработан ряд тракторов, работающих на КПГ: тракторы ДТ-75, МТЗ-82, К-701, Т-150К, ЮМЗ-6, ЛТЗ-55. Созданы также оригинальные конструкции тракторов аналогичного назначения, например, концерном "Тракторные заводы" изготовлен трактор "Агромаш-85ТК222ДГ".

Однако парк мобильных машин сельскохозяйственного назначения, работающих на КПГ, еще крайне мал; это в первую очередь относится к тракторам и другой самоходной сельскохозяйственной технике, что в значительной степени связано с трудностями, возникающими при обеспечении этой техники топливом в полевых условиях.

В настоящее время заправка мобильной техники КПГ производится в основном на стационарных газонаполнительных станциях. Различными фирмами предлагаются проекты и оборудование для стационарных АГНКС с производительностью от 150 до 900 м$^3$ газа в час. Эти объекты имеют довольно сложное устройство и включают, как правило, следующие блоки: входных кранов – для подключения к газопроводу и учета поступившего газа; предварительной очистки газа – для доведения его параметров до уровня, требуемого технологией сжатия; компримирования (компрессорный блок) – для поднятия давления газа до 25 МПа; подготовки КПГ – для доведения показателей качества сжатого газа до соответствования требованиям ГОСТ 27577; аккумуляции – для накопления запаса КПГ, позволяющего осуществлять заправку при неработающем компрессоре; редуцирования – для снижения давления заправляемого газа до 20 МПа; газозаправочных колонок – для заправки потребителей и учета выданного газа. При необходимости может дополнительно использоваться и другое оборудование.

Разновидностью АГНКС являются блочные станции, которые по комплектации оборудования не отличаются от стационарных, но располагаются не в капитальных зданиях, а в быстровозводимых сооружениях, и монтируются из блоков заводского изготовления.

По данным на 31 марта 2016 г. в России имелось более 270 АГНКС, что крайне недостаточно. В целях приближения средств заправки КПГ к потребителю компании, производящие газозаправочное оборудование, предлагают для реализации мини АГНКС и микро АГНКС. Мини АГНКС производительностью от 115 до 400 м$^3$ газа в час предназначены в основном для небольших автотранспортных предприятий и других организаций, имеющих ограниченный парк газомоторной техники. По своему устройству они аналогичны стационарным АГНКС, но имеют менее энергоемкое оборудование и более экономичное конструктивное оформление.

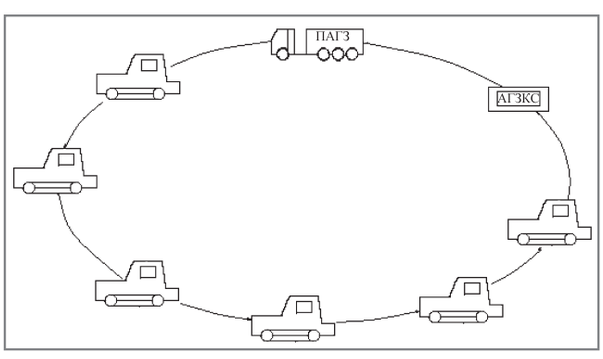



***Рис. 1.*** *Схема заправки сельскохозяйственной техники газом с помощью ПАГЗ*

Микро АГНКС производительностью от 3 до 24 м$^3$ газа в час предназначены для индивидуальных владельцев автотранспорта и частных предпринимателей, занимающихся оказанием транспортных услуг. Эта установка представляет собой компрессор высокого давления, смонтированный на силовой раме и снабженный фильтром для очистки и обезвоживания газа, трубчатым радиатором для его охлаждения, заправочным краном и датчиком давления, автоматически выключающим компрессор при достижении в заправляемом баке давления 20 МПа. Установка размещается на открытой площадке и должна быть защищена от атмосферного воздействия.

Несмотря на экономичность указанных АГНКС по сравнению с полноразмерными установками, они до настоящего времени в России распространения не получили.

Все перечисленные АГНКС привязаны к источникам газа – магистральным газопроводам или газовым сетям, что затрудняет их применение в сфере сельскохозяйственного производства, особенно при проведении полевых работ.

В полевых условиях для транспортировки КПГ и заправки им газопотребляющей техники могут использоваться передвижные автогазозаправщики (ПАГЗ). Заправка техники осуществляется в основном бескомпрессорным способом на специально оборудованных площадках (рис. 1). Для газификации населенных пунктов и отдельных предприятий используются активные ПАГЗ, оснащенные высокопроизводительными дожимными компрессорными установками и приборами учета расхода газа. По данным изготовителя, ПАГЗ имеет пределы применения в виде ограничения удаления точки расположения заправляемой техники от АГНКС, где происходит пополнение заправщиком запасов газа (радиус обслуживания не более 50 км).

Для повышения эффективности использования ПАГЗ следует определить оптимальные условия его функционирования при заправке сельскохозяйственной техники. Для этого необходимо рассмотреть систему обеспечения газом этой техники, которая включает следующие этапы: заполнение газом емкости ПАГЗ на АГНКС; транспортирование газа к месту его потребления; заправка сельскохозяйственных машин.

Основным критерием эффективности системы обеспечения газом сельскохозяйственной техники является время, затрачиваемое на реализацию перечисленных этапов, от которого зависит бесперебойность работы газопотребляющей техники. Каждый из этих этапов включает ряд подэтапов (операций), от которых зависит выполнение основной задачи системы – своевременное обеспечение техники топливом.

Первый этап включает в общем виде следующие операции: ожидание ПАГЗ в очереди на АГНКС; подготовку к заполнению; непосредственное заполнение

емкости ПАГЗ; подготовку ПАГЗ к транспортированию газа. Продолжительность этого этапа зависит от наличия и размеров очереди на АГНКС, производительности ее заправочного оборудования, времени, затрачиваемого на подготовительные и заключительные операции; эти процессы имеют вероятностный характер и адекватно описываются математическим аппаратом теории массового обслуживания [1].

Второй этап заключается в выполнении транспортной работы по доставке определенного количества газа к местам его потребления; его продолжительность, определяемая путем решения стандартной транспортной задачи, зависит от технической характеристики ПАГЗ, величины плеча подвоза, состояния дорог и т.п. [2].

Время на реализацию третьего этапа включает, кроме продолжительности непосредственной заправки топливных емкостей сельскохозяйственной машины, затраты времени на подготовительные и заключительные операции, а также на подъезд и отъезд ПАГЗ или заправляемого средства (в зависимости от схемы организации заправки), и время простоя сельскохозяйственных машин в ожидании заправки ввиду занятости ПАГЗ. Математическое моделирование этих процессов также можно успешно осуществлять с использованием теории массового обслуживания.

Заправка сельскохозяйственной техники на АГНКС может иметь место там, где это позволяют местные условия, однако из экономических и технических соображений целесообразно осуществлять эту операцию непосредственно в полевых условиях. Рассмотрение использования для этой цели ПАГЗ показывает, что наряду с положительными сторонами (высокая мобильность средства заправки, позволяющая снизить до минимума простои и холостые пробеги сельскохозяйственных машин) недостатками такого технического решения являются значительные потери времени и большой расход топлива на перемещение ПАГЗ между далеко расположенными друг от друга заправляемыми объектами. В этой связи представляет интерес система заправки сельскохозяйственной техники газом, состоящая из передвижных газозаправочных пунктов газозаправочных модулей (ГЗМ), оснащенных емкостями для КПГ, заправочными приспособлениями, средствами замера выданного газа. Их доставка к месту выполнения полевых работ осуществляется автомобилями, а заправка техники производится самими механизаторами (рис. 2).

Сравнительный анализ двух рассмотренных вариантов обеспечения сельскохозяйственной техники газом непосредственно в местах проведения полевых работ показал, что значительный эффект может быть достигнут, если объединить их преимущества, создав модульный автогазозаправщик (МАГЗ), представляющий собой автомобильное шасси повышенной проходимости, оснащенное несколькими заправочными

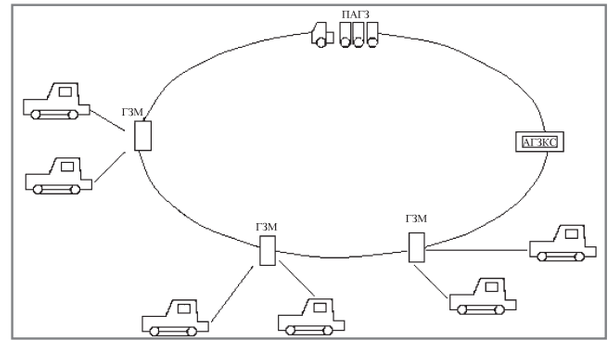



***Рис. 2.*** *Схема заправки сельскохозяйственной техники газом с помощью МАГЗ и ГЗМ*

модулями, приспособленными как к работе с автомобиля, так и к автономному использованию без обслуживающего персонала при размещении на грунте.

Сущность блочно-модульного принципа компоновки МАГЗ состоит в том, что изделие формируется из отдельных модулей, связанных технологически между собой и выполняющих определенные функции, причем под модулем понимается конструктивно, технологически и функционально завершенный элемент.

При разработке требований к шасси для МАГЗ были рассмотрены автотранспортные средства высокой проходимости [3] и установлено, что для этой цели наиболее пригодны полноприводные автомобили с колесной формулой 8×8, обладающие оптимальной грузоподъемностью и высокой маневренностью, необходимой при подходе к заправляемой сельскохозяйственной технике. МАГЗ необходимо оборудовать подъемно-манипулирующим устройством для перемещения ГЗМ на грунт или на шасси МАГЗ и замене порожнего блока газовых емкостей на заполненный при размещении ГЗМ на грунте.

## Выводы

Применение КПГ для топливообеспечения сельскохозяйственной техники способно дать значительный экономический и экологический эффект. Для реализации этой задачи целесообразно разработать специальное транспортно-заправочное средство – МАГЗ, применение которого будет способствовать расширению возможностей использования природного газа в сельском хозяйстве.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Пирогов Ю.Н.** Математическое моделирование процессов функционирования объектов и технических средств обеспечения горючим. М.: Неография, 2006. 228 с.

2. **Рыбаков К.В., Дидманидзе О.Н., Митягин Г.Е. и др.** Автотранспортные и тракторные перевозки. М.: УМЦ ТРИАДА, 2005. 205 с.

3. **Ипатов А.А., Доценидзе Т.Д.** Создание новых средств развития транспортной инфраструктуры. М.: Металлургиздат, 2008. 110 с.

*УДК 621.436*

# ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

**С.А. Зыков,** канд. техн. наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева;
**В.А. Марков,** д-р техн. наук; **В.Л. Трифонов,** канд. техн. наук; Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, г. Москва

*Проведены эксплуатационные испытания автомобилей TATPA-815, оснащенных серийными и усовершенствованными топливными системами. Показаны преимущества усовершенствованных топливных систем. Разработана методика расчета и оптимизации конструкции усовершенствованного фильтрующего элемента для фильтров тонкой очистки топлива.*

***Ключевые слова:*** *дизельный двигатель; дизельное топливо; загрязненность топлива; содержание воды в топливе; фильтрующий элемент фильтра тонкой очистки топлива; экономическая эффективность.*

## OPERATIONAL TESTING OF IMPROVED FUEL SYSTEMS FOR DIESEL ENGINES

**Zykov S.A.,** Ph.D. of technical sciences;
**Markov V.A.,** Dr. of technical sciences;
**Trifonov V.L.,** Ph.D. of technical sciences, Moscow

*Operational testing of the TATRA-815 vehicles, equipped with serial and improved fuel systems is conducted. Advantages of improved fuel systems are shown. Methodology for calculating and optimizing the design of an improved filter element for filters of thin clearing of fuel is developed.*

***Keywords:*** *diesel engine; diesel fuel; fuel contamination; water content in diesel fuel; filter element of the filter of thin clearing of fuel; economic efficiency.*

Современные дизельные двигатели постепенно вытесняют бензиновые двигатели не только на грузовом автотранспорте, но и на легковых автомобилях [1, 2]. Вместе с тем более широкому распространению дизелей препятствует ряд проблем. Одна из них – большая чувствительность к чистоте применяемого дизельного топлива [3–5].

По статистике примерно 50 % неисправностей и поломок дизельной топливной аппаратуры вызываются качеством применяемого топлива. При этом основными показателями чистоты дизельного топлива являются наличие в нем воды и механических примесей [6–8]. В связи с этим практический интерес вызывают исследования качества используемого дизельного топлива и систем его очистки.

На качество дизельного топлива влияет наличие в нем посторонних примесей, характеризуемое коэффициентом засорения (коэффициентом фильтруемости). Это исключительно важный параметр, характеризующий наличие в дизельном топливе механических примесей, воды, смолистых веществ и парафинов, влияющих на эффективность и надежность работы топливной аппаратуры. Он определяется по степени засорения тарированного бумажного фильтра после пропускания через него 20 мл топлива при атмосферном давлении. По российским ГОСТам коэффициент фильтруемости дизтоплива должен быть не менее 3,0 % [9]. У дизельного топлива высшего сорта коэффициент фильтруемости не превышает 2,0 %. Срок службы бумажных топливных фильтров сильно зависит от степени загрязнения топлива. По некоторым данным, при изменении коэффициента фильтруемости от 3,0 до 2,0 % срок службы фильтров увеличивается более чем вдвое.

Некоторые посторонние вещества присутствуют в топливе изначально (например, сера), другие появляются после переработки нефти. Наиболее часто встречающийся вид посторонних примесей – твердые частицы, например пыль. Пыль может попадать в топливо, если не соблюдать правила эксплуатации топливозаправщика, например, использовать грязную палку в качестве топливоизмерительного щупа. Еще одно вещество, оказывающее отрицательное влияние на качества дизельного топлива, – это парафин. Он ухудшает сгорание и засоряет систему питания. Для растворения парафина в дизельное топливо иногда добавляют различные растворители.

В дизельном топливе могут размножаться микроводоросли и бактерии. Если микроорганизмы сильно размножатся, они могут засорить топливную систему и вывести из строя форсунки и насосы. Это случается, если цистерны топливозаправщиков не проходят регулярную обработку. Помимо увеличения общего количества загрязнений за счет образования в топливе биологической массы и его потерь за счет частичного загрязнения, интенсивный рост микроорганизмов вызывает также ухудшение эксплуатационных свойств топлива, влияющих, в свою очередь, на работоспособность двигателя. Исследование влияния микроорганизмов на свойства дизельного топлива показало, что при воздействии микроорганизмов существенно увеличивается кислотность дизельного топлива, содержание в нем смол, йодное число, вязкость, снижаются термическая стабильность и испаряемость. Микробиологическое поражение дизельно-

го топлива повышает его коррозионную активность по отношению к металлам, что объясняется образованием в топливе агрессивных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов (аммиак, сероводород, муравьиная и уксусная кислоты), а также повышением концентрации кислорода на тех участках металлической поверхности, где образовались колонии микроорганизмов.

В перечне работ, выполняемых при обслуживании топливных цистерн, обязательно должны быть предусмотрены меры по предотвращению размножения микроорганизмов. И все же следует точно убедиться, прежде чем применять средства уничтожения микроорганизмов, что они не повлияют отрицательно на полезные свойства дизельного топлива.

Важнейшим показателем чистоты дизельного топлива является содержание в нем воды [10]. Присутствие в дизельном топливе свободной воды даже в небольших количествах ведет к неравномерному его распылению, изменяет поверхностное натяжение капель топлива, что вызывает значительное увеличение их размеров. Присутствие воды отрицательно влияет на процесс испарения топлива в камере сгорания, снижая температуру и уменьшая давление паров топлива.

Вода в дизельном топливе способствует образованию шламов, которые приводят к засорению топливопроводов и фильтров, затрудняют запуск двигателя, нарушают подачу в него топлива и заклинивают плунжеры топливного насоса высокого давления. В зимнее время в результате образования кристаллов льда в топливе может прекратиться его подача в двигатель. Присутствие воды резко снижает смазывающие свойства топлива по отношению к прецизионным парам, что повышает их износ. Работа на обводненном топливе может вызвать коррозию топливной аппаратуры, так как если в топливе имеется вода, то содержащиеся в нем активные в коррозионном отношении вещества (кислоты, щелочи, сернистые соединения, перекиси) диссоциируют в водном растворе, образуя электролиты, вызывающие электрохимическую коррозию. Особенно интенсивно протекает процесс электрохимической коррозии в тех случаях, когда обводненное дизельное топливо контактирует с различными металлами, имеющими разный электрохимический потенциал.

При работе на обводненном топливе может снизиться прочность фильтрующих перегородок и произойти их разрушение. Присутствие воды в дизельном топливе способствует его микробиологическому загрязнению.

При хранении топлива в неплотно закрытой емкости вода может попасть в топливо из-за конденсации паров воды из атмосферного воздуха, а при перевозке топлива в цистерне в него могут попадать и механические примеси, поэтому рекомендуется обязательно фильтровать топливо перед заливкой его в топливный бак [11–13]. Повышенное содержание в топливе водных фракций и твердых взвешенных частиц существенно снижает срок службы фильтров, а также всей системы подачи топлива в целом.

В работах [14, 15] представлены результаты проведенных комплексных исследований загрязненности дизельного топлива для дизельных двигателей автомобильной и сельскохозяйственной техники. В целях изучения эффекта растворимости влаги атмосферного воздуха в топливе испытаны макеты топливной системы автомобиля. Проведены испытания фильтрующих элементов тонкой очистки топлива серийной и усовершенствованной конструкций. На основе проведенного комплекса теоретических и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по выбору основных параметров предлагаемых конструкций масляного пылеуловителя (МПУ) и устройства для обработки топлива, применимые при проектировании средств повышения чистоты топлива. Предложены рекомендации по режиму технического обслуживания этих средств при эксплуатации топливных систем машин.

В целях подтверждения полученных выше результатов теоретических исследований, предложений по усовершенствованию топливных систем машин с дизельными двигателями, а также результатов лабораторно-стендовых испытаний, на заключительном этапе проводились сравнительные эксплуатационные испытания топливных систем специальных машин – автомобилей. Конечная цель испытаний – оценка технико-экономической эффективности усовершенствованной топливной системы в сравнении с серийной. Общая схема усовершенствованной системы приведена на рис. 1.

Всего в испытаниях участвовало восемь автомобилей ТАТРА-815, эксплуатируемых в условиях дорожного строительства на сельскохозяйственных коммуникациях Московской области. Из них

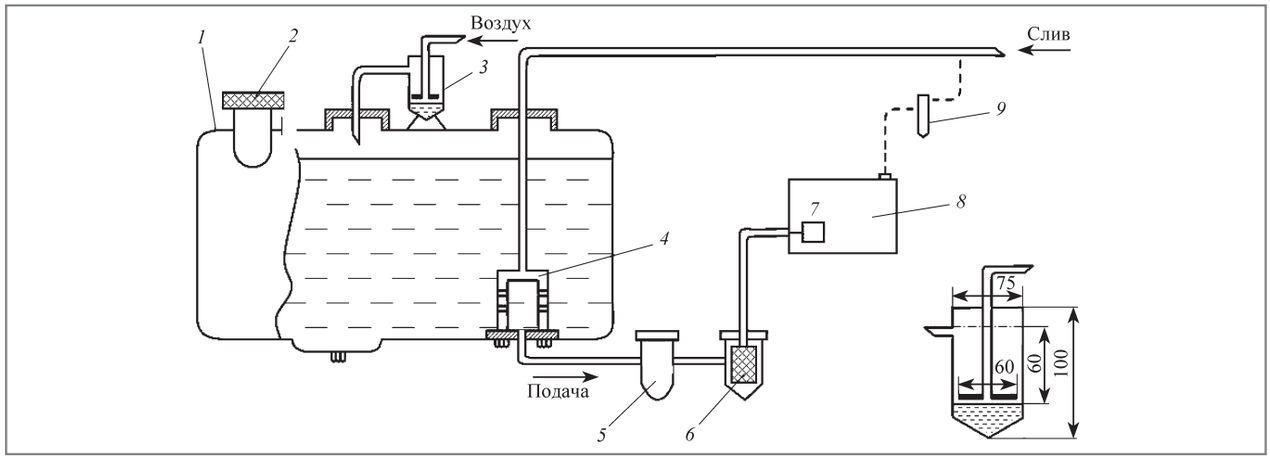



***Рис. 1.*** *Усовершенствованная топливная система автомобиля ТАТРА-815:*
*1* – топливный бак; *2* – герметичная крышка бака; *3* – масляный пылеуловитель; *4* – устройство для обработки топлива; *5* – фильтр-отстойник; *6* – усовершенствованный фильтр тонкой очистки; *7* – подкачивающий насос; *8* – ТНВД; *9* – форсунка

четыре автомобиля были серийными. Другие четыре автомобиля были опытными (экспериментальными) и отличались тем, что на них были дополнительно установлены масляные пылеуловители МПУ, устройства для обработки топлива и опытные фильтроэлементы, имеющие спиралевидные гофры. Конструктивные параметры МПУ, устройства для обработки топлива и опытных фильтроэлементов соответствуют тем, которые использовались при проведении лабораторных и стендовых испытаний (см. работы [14, 15]). Испытания проводились в течение года так, что охвачены были все сезоны эксплуатации машин. Для испытаний были выбраны машины ТАТРА-815 примерно одинакового "возраста" и одинакового технического состояния. В процессе испытаний периодически производился отбор проб топлива из баков партии серийных и опытных автомобилей (с усовершенствованной топливной системой). Периодически снимались фильтроэлементы из фильтров тонкой очистки топлива в целях стендового определения их гидравлического сопротивления. Наработка в часах при $\Delta p$ = 150 ± 15 кПа принималась за ресурс фильтрующих элементов (ФЭ).

Усовершенствованный опытный образец ФЭ в рамках того же типоразмера, что и серийный, со шторой из отечественной фильтровальной бумаги БФДТ (ТУ ОП 13-027951-08-92) ($d_{0,95}$ = 3 мкм) (рис. 2). Он отличается от серийного спиральной укладкой гофр по схеме на рис. 2, *б*. При этом ширина спиральных гофр в два раза выше, чем у радиальных в звездообразном ФЭ. Сравнительная характеристика испытуемых ФЭ представлена в табл. 1.

В процессе проведения эксплуатационных испытаний фиксировались отказы машин и количество часов простоя, обусловленные загрязненностью топлива и соответствующими неисправностями системы топливоподачи, приводящими к простою машин. Осредненные результаты испытаний представлены в табл. 2. Полученные результаты показывают, что предлагаемая усовершенствованная топливная система на примере высоконагруженной специальной машины ТАТРА-815 позволяет в 3,6–4,3 раза повысить чистоту топлива по механическим загрязнениям; в 3,4–4,76 раза снизить содержание воды в топливе и в 1,56 раза увеличить эксплуатационный ресурс сменных фильтроэлементов, что указывает на достаточную эффективность полученных результатов.

Предложенные в работах [14, 15] средства предотвращения загрязнения топлива в баках машин включают в себя масляный пылеуловитель (МПУ), устанавливаемый на топливном баке и устройство для обработки топлива, которое монтируется в донной части топливного бака (рис. 1). Проведенный комплекс теоретических, экспериментальных исследований, а также результаты эксплуатацион-

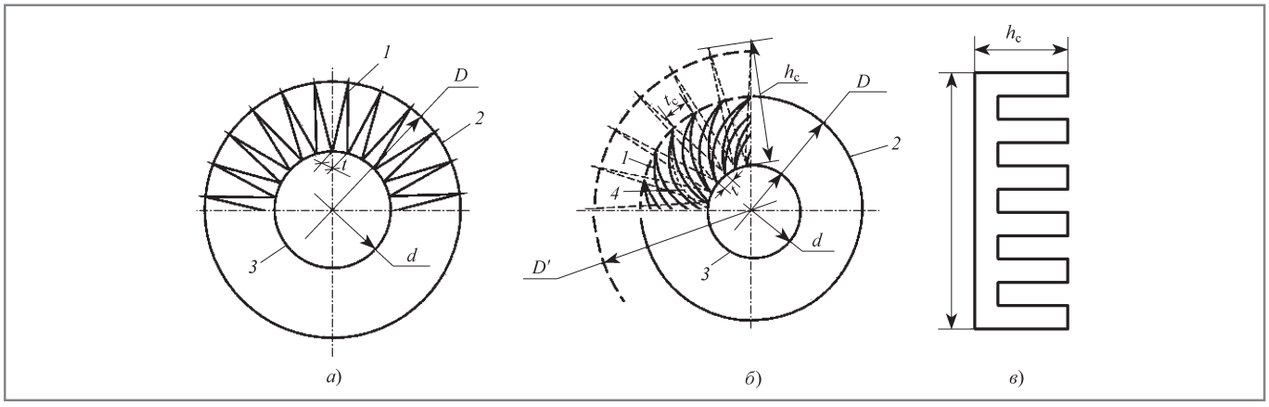



***Рис. 2.*** *Схемы серийного топливного фильтрующего элемента с гофрированной фильтрующей шторой и радиальными гофрами (а), опытного топливного фильтрующего элемента с гофрированной фильтрующей шторой и спиральными гофрами (б) и форма дренажной вставки из пористого материала опытного фильтрующего элемента (в):*
*1* – штора; *2* – обечайка; *3* – трубка; *4* – дренажная вставка

*Таблица 1*

**Характеристики опытных фильтрующих элементов**

| Характеристики фильтроэлементов | Опытный образец серийного ФЭ | Опытный образец усовершенствованного ФЭ |
|---|---|---|
| Наружный диаметр – $D$, мм | 80 | 80 |
| Внутренний диаметр – $d$, мм | 40 | 40 |
| Высота – $H$, 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 |

ных испытаний позволяют предложить некоторые рекомендации по выбору параметров и эксплуатации разработанных средств.

К основным конструктивным параметрам МПУ относятся (рис. 3): высота рабочей зоны – $h_р$; рабочий зазор осаждения частиц загрязнений – $h$; диаметр дискового успокоителя – $d_у$; рабочая высота $H_р$ и диаметр $D_к$ МПУ, которые при известных других параметрах, определяют объем масляной зоны осаждения загрязнений (позиция *6* на рис. 3).

Исходя из задаваемой эффективности МПУ (коэффициент эффективности МПУ $\eta_в = 0{,}8–0{,}85$ [15]), при известном дисперсном составе пыли, по заданному расходу топлива – $q_т$ на средних режимах работы машины, приняв конструктивно зазор $h$ = (6–10) мм, определен минимальный размер частиц ($x$), задерживаемых МПУ по формуле [15]

$$\eta_в = (1 + a_m x)e^{-a_m x},$$

$$x = 0{,}71\sqrt{\frac{36\nu_в q_т}{(\rho_\eta / \rho_в) g\pi d_у^2\left(1 - \frac{h}{h_р}\right)}}.$$

при следующих параметрах: $q_т = 4{,}5 \cdot 10^{-6}$ м$^3$/с (расход топлива машиной составляет 32,5 л/100 км при скорости 50 км/ч); $d_у = 60 \cdot 10^{-3}$ м; $h = 6 \cdot 10^{-3}$ м; высота рабочей зоны $h_р = 60 \cdot 10^{-3}$ м; $\rho_\eta = 2600$ кг/м$^3$; $\rho_в = 1{,}2$ кг/м$^3$; $\nu_в = 15{,}06 \cdot 10^{-6}$ м$^2$/с; $x_{0,5} = 6{,}398 \cdot 10^{-6}$ м (кварцевая пыль с $S_{уд} = 1050$ м$^2$/кг). Остальные раз-

*Таблица 2*

**Результаты сравнительных эксплуатационных испытаний топливных систем автомобилей ТАТРА-815**

| Определяемые показатели | Серийная топливная система | | Усовершенствованная топливная система | | Сравнительный эффект для усовершенствованной системы |
|---|---|---|---|---|---|
| | Зима | Лето | Зима | Лето | |
| Загрязненность топлива в баках, % (масс.) | 0,0038 | 0,0044 | 0,001 | 0,00102 | Снижение в 3,6–4,3 раза |
| Содержание воды в баках, % (масс.) | 0,02 | 0,016 | 0,0042 | 0,0047 | Снижение в 3,4–4,76 раза |
| Ресурс фильтроэлементов тонкой очистки, ч | 860 | | 1342 | | Увеличение в 1,56 раза |
| Количество часов простоя из-за отказов топливных систем на одну машину в год | 21 | | 9,0 | | Снижение в 2,33 раза |

меры МПУ определяются из следующих рекомендуемых соотношений

$$H_р = h_р + (20-25)\,мм,$$

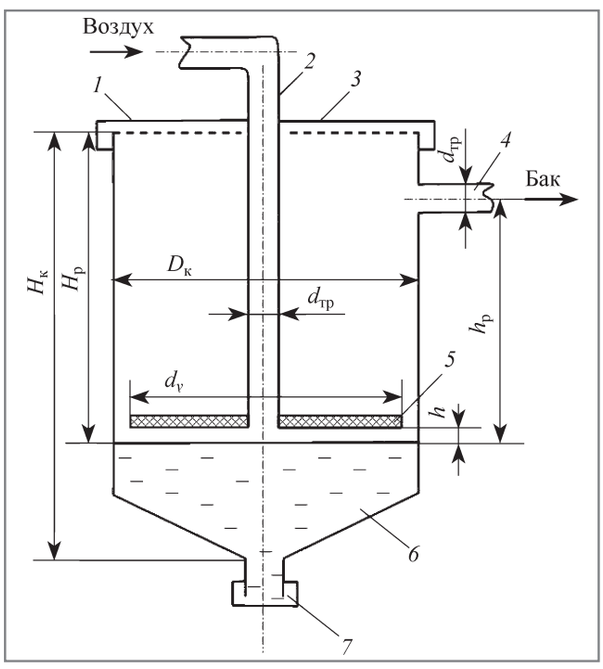



***Рис. 3.*** *Масляный пылеуловитель:*
*1* – корпус; *2* – трубка подвода запыленного воздуха; *3* – крышка; *4* – дыхательная трубка топливного бака; *5* – дисковый успокоитель; *6* – масло; *7* – заглушка

$$D_к = d_у + (8-10)\,мм.$$

Объем масляной зоны осаждения МПУ определяется исходя из нормируемой грязеемкости МПУ, которая зависит от планируемого режима технического обслуживания МПУ. Под техническим обслуживанием МПУ понимаются работы, связанные со сливом загрязненного масла и промывкой МПУ, которые желательно приурочить к одному из видов технического обслуживания машины, например, к сезонному обслуживанию, которое обычно планируется через 960–1000 ч наработки машины. Тогда ориентировочный объем масляной зоны осаждения МПУ можно определить по формуле

$$Q_м = 3600\frac{C_в \rho_в}{C_м \rho_м}\eta_в q_т T_{со}, \qquad (1)$$

где $C_в$ – концентрация пыли в воздухе, кг/кг; $C_м$ – планируемая максимальная концентрация задержанной пыли в масле отстойной зоны; $\eta_в$ – эффективность МПУ; $q_т = (25–30)\cdot 10^{-6}$, м$^3$/с, – средний расход топлива из бака; $T_{со} = 960–1000$, ч, – планируемая периодичность сезонного обслуживания МПУ. Определив $Q_м$, далее можно определить все остальные конструктивные размеры МПУ, исходя из обычных геометрических соотношений для конического объема зоны *6* на рис. 3.

Предложенная усовершенствованная топливная система дизеля включает устройство для обра-

ботки топлива. К основным конструктивным параметрам устройства относятся (рис. 4): внешняя поверхность $S_у$; высота $H_у$ и наружный диаметр – $D_у$; внутренний диаметр – $d_в$; количество $n_о$ и диаметры $d_о$ отверстий и сообщающих каналов. Все указанные параметры должны определяться исходя из задаваемого температурного режима топлива в баке – $T_б$, топлива, поступающего в двигатель из устройства – $T_у$ и допускаемого гидравлического сопротивления устройства в соответствии со стандартами на устройства, входящие во всасывающую линию низкого давления системы топливоподачи. Эту оптимизационную задачу можно решить с использованием известных методов гидравлического расчета машиностроительных элементов [16, 17].

Выбор основных конструктивных параметров предложенного устройства для обработки топлива рекомендуется выполнять в следующей последовательности. Вначале по заданным $T_б$ и $T_у$ определяется поверхность $S_у$ путем совместного решения уравнений:

$$\alpha_о S_б (T_б - T_о) = \alpha_у S_у (T_у - T_б),$$

$$T_б = T_о + \frac{(T_{сл} - T_о)}{\left[1 + \frac{\alpha_о S_б}{\alpha_у S_у}\left(1 + \frac{1}{i} + \frac{\alpha_у S_у}{\rho_т C_т V_т}\right)\right]},$$

$$T_у = T_б + (T_б - T_о)\frac{\alpha_о S_б}{\alpha_у S_у},$$

где $T_у$ – абсолютная температура топлива в устройстве; $\alpha_у$ – коэффициент теплоотдачи на границе устройства и топлива в баке; $S_у$ – внешняя поверхность устройства; $c_т$, $C_т$ и $V_т$ – плотность, теплоемкость и объем топлива; $i$ – число отверстий. Наружный диаметр устройства $D_у$ и высота $H_у$ определяются с использованием формулы (см. рис. 4)

$$S_у = \pi D_у H_у + \frac{\pi D_у^2}{4}. \quad (2)$$

Это уравнение с двумя неизвестными решаем методом последовательных приближений. При этом из (2) находится высота $H_у$:

$$H_у = \left(\frac{S_у}{\pi D_у} - \frac{D_у}{4}\right). \quad (3)$$

Приняв в первом приближении только огибающую поверхность

$$S_у = \pi D_{у1}^2 \overline{H}_у,$$

находим $D_{у1}$ первого приближения

$$D_{у1} = \sqrt{\frac{S_у}{\pi \overline{H}_у}}, \quad (4)$$

где $\overline{H}_у = \frac{H_у}{D_у}$ – принимаемое соотношение высоты и диаметра устройства. После подстановки (4) в (3) находим $H_у$ первого приближения:

$$H_{у1} = \left(\frac{S_у}{\pi\sqrt{S_у / \pi \overline{H}_у}} - \frac{\sqrt{S_у / \pi \overline{H}_у}}{4}\right). \quad (5)$$

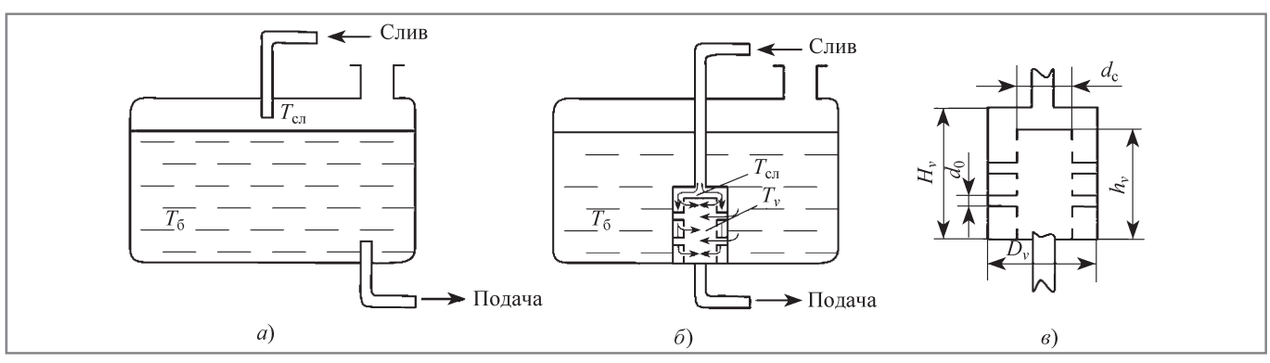



***Рис. 4.*** *Схематизация процесса теплообмена в топливных баках – стандартного (а) и усовершенствованного (б) с устройством для обработки топлива (в):*
*$T_{сл}$, $T_у$, $T_б$ – температуры слива, устройства, бака*

Решая квадратное уравнение (2) и принимая $H_у = H_{у1}$ по (5), находим

$$D_y = (2\sqrt{H_{у1}^2 + S_у / \pi} - H_{у1}), \quad (6)$$

а также $H$:

$$H_у = \overline{H}_у D_у. \quad (7)$$

Размеры устройства для подачи топлива $d_с$, $h_с$ следует определять исходя из условия равенства проходных сечений снаружи и внутри устройства

$$\frac{\pi(D_у^2 - d_с^2)}{4} = \frac{\pi d_с^2}{4},$$

откуда

$$d_с = \frac{D_у}{\sqrt{2}}, \quad (8)$$

а также можно принять

$$h_у = d_с \overline{h}_у, \quad (9)$$

где $\overline{h}_у = \overline{H}_у$ – относительная высота устройства. Исходя из опыта проведенных испытаний, устройство должно быть оснащено 12 отверстиями и 8 сообщающими каналами (трубками) (см. рис. 4). Диаметры отверстий и каналов: $d_о$ = 4–6 мм. Нижние отверстия должны располагаться выше отстойной зоны бака. В процессе эксплуатации устройства необходимо предусмотреть его техническое обслуживание, связанное с демонтажем и промывкой. Эту операцию необходимо совмещать с промывкой топливного бака во время сезонного обслуживания машины через 960–1000 ч.

При создании предложенной усовершенствованной топливной системы дизеля необходимо провести расчет и оптимизацию усовершенствованных фильтров тонкой очистки дизельного топлива. Фильтры-очистители нефтепродуктов (в том числе и топливные) конструктивно представляют собой гидравлическое устройство, включающее корпус со встроенным фильтроэлементом [18, 19]. При этом главным элементом, определяющим показатели фильтров, является фильтрующий элемент (ФЭ).

Вопросам расчета и проектирования фильтров, включая вопросы компоновки ФЭ в корпусе, вопросам гидравлического расчета корпусов посвящено большое количество работ [16, 17, 20]. Далее ограничимся рассмотрением методики расчета и проектирования ФЭ модернизированной (из звездообразного) конструкции со спиральными гофрами (рис. 2). Исходными данными для расчета являются:

– номинальный расход фильтруемого топлива $V_{тн}$ (пропускная способность ФЭ) при нормируемом, по ГОСТ 14146–79, перепаде давления $\Delta p_н$ = = 10 кПа;

– конечный (критический) перепад давления на ФЭ $\Delta p_{кр}$ = 150 кПа;

– характеристики топлива: кинематическая вязкость $\nu_т$, плотность $\rho_т$;

– характеристики материала фильтрующей шторы ФЭ: коэффициент проницаемости K, толщина $\delta$, пористость $\psi_о$, тонкость фильтрации $d_{0,95}$ ($d_{0,5}$);

– характеристики материала дренажной гребенчатой вставки в гофры: толщина $\delta_д$ пористостью $\psi_д$.

Процесс расчета и оптимизации ФЭ включает следующие этапы: выбор основных конструктивных параметров ФЭ: $D$, $d$, $H$, $h_с$; оптимизацию выбора шага гофрирования $t$; расчет количества гофр $n$ и поверхности фильтрации $S_ф$; расчет и построение гидравлической характеристики ФЭ.

Выбор основных конструктивных параметров – диаметра $D$ и высоты $H$ фильтрующего элемента (рис. 2) основан на использовании корреляционной гидравлической характеристики, полученной в работе [21] путем обработки представительного массива гидравлических характеристик топливных и масляных фильтроэлементов различного назначения и конструкции шторы. Общая расчетная зависимость имеет вид [21]

$$\Delta p_н = 108{,}25 \frac{\nu_т \rho_т V_{тн}}{\pi D H (0{,}21 d_{0,95} - 0{,}52 \cdot 10^{-6})}, \quad (10)$$

откуда получаем формулу для определения наружного диаметра ФЭ

$$D = 1{,}857 \sqrt{\frac{V_{тн} \nu_т \rho_т}{\Delta p_н \overline{H} (0{,}21 d_{0,95} - 0{,}52 \cdot 10^{-6})}}, \quad (11)$$

где $\overline{H} = \frac{H}{D}$ – принимаемое соотношение высоты и диаметра ФЭ. При этом $\overline{H} > 1$ (принимается ориентируясь на ОСТ 37001.242-81 или другие нормативы). Определив $D$, параметры $D$ и $H$ окончательно согласуют с типоразмерами ФЭ по ОСТ 37001.242-81 [22] и др. Далее принимаем

$$d = \frac{D}{2},$$

а также находим

$$h_c = \left(\frac{D-d}{2}\right)k_h,$$

где $k_h$ – коэффициент увеличения ширины спирального гофра по отношению к прямому. Количество гофр и поверхность фильтрации определяем по формулам:

$$n = \frac{\pi d}{t},$$

$$S_{\text{фс}} = \frac{\pi h_c DH}{t}.$$

В целом проведенные эксплуатационные испытания специальных автомобилей ТАТРА-815 с дизельными двигателями, оснащенными серийными и усовершенствованными топливными системами, показали, что использование усовершенствованной топливной системы позволяет в 3,6–4,3 раза повысить чистоту топлива по содержанию механических примесей и в 3,4–4,76 раза по содержанию воды. Это позволяет предотвратить неисправности и поломки дизельной топливной аппаратуры и тем самым существенно увеличить срок службы топливоподающей аппаратуры и двигателя в целом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. 2-е издание. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. 344 с.

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

3. **Чулков П.В., Чулков И.П.** Топлива и смазочные материалы: ассортимент, качество, применение, экономия, экология. М.: Политехника, 1996. 304 с.

4. **Бахтиаров Н.И., Логинов В.Е., Логачев И.И.** Повышение надежности работы прецизионных пар топливной аппаратуры дизелей. – М.: Машиностроение, 1972. 200 с.

5. **Зорин В.А., Севастьянов А.П., Синицин В.А.** Российская энциклопедия самоходной техники. Основы эксплуатации и ремонта самоходных машин и механизмов. М.: Изд-во МАДИ, 2001. 767 с.

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

7. **Борзенков В.А., Воробьев М.А., Кузнецов Н.А. и др.** Нефтепродукты для сельскохозяйственной техники. М.: Химия, 1988. 288 с.

8. **Анисимов И.Г., Бадыштова К.М., Бнатов С.А. и др.** Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник. 2-е издание / Под ред. В.М. Школьникова. М.: Издательский центр "Техинформ", 1999. 596 с.

9. **ГОСТ 10577–78.** Нефтепродукты. Методы определения механических примесей. М.: Изд-во Стандартинформ, 2008. 6 с.

10. **ГОСТ 8287-57.** Топливо моторное. Количественный метод определения содержания воды. М.: Изд-во Стандартов, 1957. 6 с.

11. **Чертков Я.Б., Рыбаков К.В., Зрелов В.Н.** Загрязнения и методы очистки нефтяных топлив. М.: Химия, 1970. 240 с.

12. **Коваленко В.П.** Загрязнения и очистка нефтяных масел. М.: Химия, 1978. 302 с.

13. **Крицкая Е.Б., Чиж Д.В.** Физико-химические методы определения воды в нефтепродуктах // Успехи современного естествознания. 2011. № 11. С. 75–85.

14. **Зыков С.А., Марков В.А., Трифонов В.Л.** Загрязненность и обводненность дизельного топлива. Ч. 1 // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2017. № 4.

15. **Зыков С.А., Марков В.А., Крылов В.И.** Загрязненность и обводненность дизельного топлива. Ч. 2 // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2017. № 5.

16. **Некрасов Б.Б.** Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Минск: Высшая школа, 1985. 382 с.

17. **Леви И.И.** Моделирование гидравлических явлений. М.: Энергия, 1967. 236 с.

18. **Коваленко В.П., Ильинский А.А.** Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений. М.: Химия, 1982. 277 с.

19. **Удлер Э.И.** Фильтрация нефтепродуктов. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1988. 215 с.

20. **Башта Т.М.** Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.

21. **Удлер Э.И., Шевченко Н.Н., Шилоносов П.П., Какушкин Ю.А.** Гидравлический расчет фильтров. Деп. в ЦИНТИхимнефтемаш, 26.07.86, № 1580.

22. **ОСТ 37.001.242-81.** Элементы сменные фильтров тонкой очистки топлива автомобильных двигателей. М.: Изд-во Стандартинформ, 1981. 24 с.

# НАЦИОНАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОВЫЙ ФОРУМ – 2017

**А.С. Савченко**

***18–19 апреля 2017 г. в ЦВК "Экспоцентр" в Москве состоялся Национальный нефтегазовый форум, который собрал ведущих участников и экспертов отрасли – представителей Правительства РФ, министерств и ведомств, российских и зарубежных компаний ТЭК, отраслевых ассоциаций и научных сообществ.***

Форум открылся приветствием Министра энергетики РФ Александра Новака, которое передал участникам форума заместитель Министра энергетики РФ Кирилл Молодцов.

Модератором первой пленарной сессии "Стратегия научно-технологического развития нефтегазовой отрасли России: глобальные вызовы и новые точки роста" выступила Татьяна Митрова, директор энергетического центра московской школы управления "Сколково".

Руководитель глобальной практики по оказанию консультационных услуг в нефтегазовой отрасли PWC (США) Рид Моррисон отметил, что последние 3–4 года в некоторых сегментах энергетической отрасли состоялся "золотой век". Сегодня нефтегазовая отрасль является передовиком научно-технического прогресса. Нацеленные на победу компании изменили бизнес-модель от "делаем все" к модели уникальных компетенций. Он дал прогноз, что потребление нефтепродуктов и газа будет расти в связи с тем, что растет средний класс.

*Кирилл Молодцов, заместитель Министра энергетики РФ*

Майкл Стоппард, главный стратег Global Gas, IHS Energy, сообщил, что в мире продолжается наращивание объемов газа с точки зрения предложения. Газ будет расти быстрее, чем нефтепродукты или уголь – ориентировочно 2 % в год. Также ближайшие 4 года ожидается рост СПГ на 15 %. В целом потребление газа к 2030 г. вырастет с 19 до 23 %. Европа имеет решающее значение в балансе мирового рынка газа, а США задает новую планку в части стоимости добычи.

Заместитель Министра энергетики РФ Кирилл Молодцов в ходе первой сессии обозначил глобальные вызовы и новые точки роста в нефтегазовой отрасли. "Мы наблюдаем технологические прорывы, которые сегодня намечаются в нефтегазовой отрасли. В частности, складывается ситуация, что на рынке может быть предложен большой объем сланцевого газа, и нам необходимо учитывать эту тенденцию. Роль российского газа будет увеличиваться, но и конкуренция будет расти", – сказал г-н Молодцов.

Говоря о трендах развития нефтяной отрасли, Кирилл Молодцов отметил, что сегодня именно спрос активно формирует тренды. "В ближайшие 2–3 года мы перейдем на объем потребления в 100 млн баррелей нефти в сутки. Само предложение в абсолютном значении может расти, но даже в этой ситуации на единицу потребителя мы станем потреблять меньше. Вопросы энергоэффективности – один из ключевых трендов развития отрасли. Уменьшение показателей на единицу продукции, повышение энергоэффективности – это фактор, который нам предстоит учитывать", – пояснил Кирилл Молодцов.

*Рид Моррисон, руководитель глобальной практики по оказанию консультационных услуг в нефтегазовой отрасли PWC*

Задача внедрения энергоэффективных технологий заложена в госпрограмму импортозамещения, генсхему развития нефтяной и газовой отрасли, частично она отражена как базовый тренд в энергостратегии. "Это задача, которую должны решать наши нефтегазовые компании", – подытожил он.

Председатель комитета по энергетике ГД РФ Павел Завальный отметил, что основной вызов, который стоит перед компаниями нефтегазовой отрасли – ухудшение структуры запасов, в первую очередь, необходимо стимулировать разработку трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ) и истощенных месторождений. Поход должен быть системным: развитие технологий, прикладной и академической науки, внедрение импортозамещающих программ, совершенствование налоговой системы. "Один из таких инструментов – ННД, который станет новой системой стимулирования работы на истощенных и новых месторождениях, – заявил Завальный. – Мы хотим в этом году принять НДД и в перспективе перевести всю отрасль на новые стимулы интенсивного развития"

Первый заместитель генерального директора компании "Татнефть" Наиль Ибрагимов сообщил участникам форума, что компания разрабатывает ТРИЗы, доля которых превысила 80 %. Имея такой опыт, Татнефть готова оказывать соответствующие услуги и другим компаниям. К примеру, освоена добыча сверхвязкой нефти – тем самым вышли на новый промышленный уровень, освоив целый перечень цифровых технологий.

Рустам Галиахметов, член правления, управляющий директор СИБУР-Холдинга, рассказал, что холдинг модернизировал ряд заводов. Компания использует цифровые технологии (дроны, 3D-моделирование), но для перспективного развития необходим персонал высокой квалификации.

Председатель Совета Союза нефтегазопромышленников Юрий Шафраник отметил, что рынок уходит в Азию. А глобальные конкуренты по экономическим условиям – США и Саудовская Аравия. Что касается внутреннего рынка, Шафраник считает: "Ближайшие два года будет идти оживление экономики и определенный рост цен, которого мы достигли совместным решением с ОПЕК. Затем, по нашим моделям, ожидается мировой спад, который отразится и в ценах на энергоносители. Сегодня нам

*Павел Завальный, Председатель комитета по энергетике ГД РФ*

нужно развивать внутренние рынки, увеличить потребление. Например, уже более 10 лет идет стабильное увеличение потребления газа – здесь мы на максимуме потребления. Второе – необходима стабилизация и даже снижение цен в проектах по электроэнергетике. Третья проблема – газохимия. В глобальной экономике ее объем составляет 10 %, а у нас меньше. Для сравнения: на мировом уровне 45 % газа идет на газохимию, в России – только 25 %. Необходимо развивать и это направление".

Клеменс Блюм, исполнительный вице-президент Schneider Electric, заявил о четвертой промышленной революции в энергетической отрасли. Он отметил, что глобальная кооперация, обмен данными, развитие интерне-

*Юрий Шафраник, Председатель Совета Союза нефтегазопромышленников, отвечает на вопросы журналистов*

та и мобильных технологий, кибербезопасность выходят на первый план. А также, ориентируясь на потребителя, необходимы глобальные стандарты.

Артем Козловский, партнер EY, обозначил такие проблемы в сфере внедрения инноваций в российских нефтегазовых компаниях, как баланс между долгосрочными целями и краткосрочными задачами, сложные процедуры по поиску и отбору новых проектов, отсутствие инвестиций в высокорисковые проекты, инертность больших компаний.

Йозеф Тот, Президент Мирового нефтяного совета, пригласил представителей российских энергетических компаний принять участие в Мировом нефтяном конгрессе в Стамбуле 9–13 июля 2017 г. Мировой нефтяной конгресс проводится один раз в три года, где МНС принимает основные программные документы на следующий трехлетний период, определяет направления исследований и деятельности и утверждает порядок работы действующих в следующие три года комитетов и комиссий.

Вячеслав Мищенко, глава Argus в России, СНГ и странах Балтии, в кратком выступлении дал прогноз, что к концу года энергетический рынок должен стабилизироваться на уровне 60 долл. США за баррель.

Завершилась первая пленарная сессия церемонией награждения лауреатов конкурса молодых специалистов ТЭК "Лучший по профессии".

Модераторами второй сессии "Конкуренция нефтегазовых технологий: импортозамещение в ключевых сегментах нефтегазовой отрасли, локализация производств и экспортный потенциал российского ТЭК" выступили заместитель Министра энергетики РФ Кирилл Молодцов и президент СНГП Генадий Шмаль.

Василий Осьмаков, заместитель Министра промышленности и торговли РФ, рассказал о механизмах государственной поддержки российских компаний. Он отметил в своем выступлении, что ключевой вопрос для компаний – отсутствие доступа к "длинным деньгам" – это вынуждает компании соглашаться на проектное финансирование на условиях зарубежных партнеров в плане отраслевого машиностроения.

Сергей Архипов, начальник департамента технологических партнерств и импортозамещения компании "Газпром нефть", предложил на базе двух министерств создать площадку, которая выработает программу быстрого доступа российских компаний – поставщиков к зарубежным лицензиарам.

Константин Евстюхин, управляющий директор Российского экспортного центра, сообщил, что вместе с Министерством промышленности и торговли РФ разработана программа поддержки (субсидирование, фондирование) российских экспортеров: "С этого года программа приобрела статус национального проекта".

Павел Шотер, главный механик компании "Транснефть", рассказал о программе локализации, принятой в 2015 г. – на сегодняшний день из 26 видов продукции компания заместила 21. К 2020 г. компания локализует оставшиеся 5 видов продукции, что позволит снизить потребление импортной продукции в целом до 3 %.

Андрей Орлов, заместитель генерального директора, УК Группа ГМС, сообщил, что ими реализуется две программы замещения – по насосному и компрессорному оборудованию.

Олег Жданеев, директор по разработке и производству нефтегазового оборудования в России и Центральной Азии, "Шлюмберже", отметил, что успешное импортозамещение зависит от разработки нового оборудования, фокусирования на экспорт и повышения квалификации кадров.

Антон Качурин, операционный директор ГК "Миррико", отметил три ключевых момента для экспортных проектов: репутация и завоевание доверия, гармонизация российских стандартов под международные, заинтересованность российских нефтяных компаний в поддержке национальных производителей.

*Клеменс Блюм, вице-президент компании Schneider Electric*

Валерий Гарипов, председатель президиума СРПО ТЭК, сообщил, что российские компании могут обеспечить внутренний рынок в вопросах ПО и IT-решений на 80 %. Он выступил с предложением создать межведомственный координационный совет по вопросам импортозамещения в IT-сфере.

Игорь Трушников, первый заместитель генерального директора, "Бета Технологии", представил продукт компании. По его словам, "Бета-конверсия углеводородов" – прорывная отечественная технология, обеспечивающая стабильное изменение свойств нефти (тяжелой, сверхвязкой) и мазута.

Далее участники форума продолжили работу в формате круглых столов. В рамках круглого стола, посвященного анализу основных направлений генеральных схем развития нефтяной и газовой отраслей, заместитель Министра Кирилл Молодцов подчеркнул: "Генсхемы развития газовой и нефтяной отраслей должны быть доработаны до конца 2017 г., представлены в Правительство РФ и станут основным вектором развития нефтяной и газовой отраслей".

Завершился первый день работы ННФ торжественным приемом участников форума, выставок "Нефтегаз" и "Электро".

Второй день работы Форума открылся дискуссиями в формате круглых столов. В фокусе внимания форума – технологическая оснащенность и инновационный потенциал нефтегазового комплекса России.

Модератором круглого стола "Разработка трудноизвлекаемых и нетрадиционных углеводородов: экономический и технологический аспект" выступил Максим Нечаев, директор по консалтингу/Россия, IHS. В списке основных тем дискуссии – действующая налоговая политика, проблемы и методы стимулирования компаний по разработке трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), законопроект о применении налога на добавленный доход (НДД) в нефтяной отрасли, зарубежный опыт и история "сланцевой революции", успешные кейсы российских компаний.

*Геннадий Шмаль, Президент СНГП*

Центром внимания участников круглого стола стал доклад генерального директора Государственной комиссии по запасам (ГКЗ) полезных ископаемых Игоря Шпурова, который заявил, что льготы для компаний нефтегазовой отрасли необходимы для создания технологий, а не разработки запасов. Их необходимо предоставлять целевым образом.

По мнению И. Шпурова, на сегодняшний день нет четких критериев, определяющих запасы в категорию трудноизвлекаемых. С течением времени залежи, считавшиеся ТРИЗами, переходят в категорию традиционных и их разработка идет стандартным способом. К ТРИЗам относятся: запасы высоковязкой нефти и сверхнизкопроницаемые коллекторы, подгазовые зоны и нефтяные оторочи, истощенные залежи. Не все трудноизвлекаемые запасы нуждаются в технологиях, однако все они считаются ТРИЗами и компании, порой, неохотно идут на их разработку. По словам главы ГКЗ, по выработанным запасам вообще нет никаких проблем. Для низкопроницаемых коллекторов технологии сложные, но они существуют. Что касается подгазовых зон и нефтяных оторочек, то здесь проблемы и в идентификации места их нахождения, и в наличии технологий, способных их разрабатывать. Таким образом, разработка ТРИЗов – это лишь вопрос времени, которое стоит потратить с пользой, в частности для создания технологий или выработки выгодных для компаний условий для извлечения такой "трудной" нефти.

Кроме того, по мнению главы ГКЗ, нетрадиционным запасам необходима отдельная новая наука, основанная на физике твердых пород и геохимии: "Мы не придем к серьезной работе с баженом или с домаником, пока не поймем, что нам нужно забыть нефтепромысловую геологию, которой нас учили в школе".

Президент СНГП Геннадий Шмаль сравнил существующую в России налоговую конструкцию с "удавкой на шее нефтяных компаний". В части разработки ТРИЗов он назвал основной задачей поиск новых технологий с достаточной степенью эффективности.

Заместитель директора департамента добычи и транспортировки нефти и газа "Минэнерго" России Андрей Терешок заявил, что существующая система льгот (НДПИ) показала свою эффективность и позволила сформироваться новой газовой провинции,

*Ежегодно Форум собирает ведущих участников и экспертов отрасли*

что позволило нарастить добычу и поступления в бюджет. Однако он отметил, что с точки зрения разработки ТРИЗ, возможно, меры стимулирования недостаточны.

Заместитель генерального директора "ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ" Владимир Высоцкий представил подробный доклад о запасах в США и Канаде. Он подчеркнул, что разработка новых технологий в России должна осуществлять научными центрами.

Екатерина Грушевенко, Энергетический центр бизнес-школы "Сколково", отметила, что сланцевая революция в России – это не только новые технологии. Важны также, по опыту США, 3 аспекта: дешевые кредиты, существенная конкуренция между добывающими компаниями и возможность хеджировать риски производителей.

Николай Иванов, заведующий сектором "Энергетические рынки" Института энергетики и финансов, представил прогнозы и сценарии добычи нефти в США. Он отметил, что мэйджоры "проспали" сланцевую революцию. Но ExxonMobil, к примеру, купив компанию в Техасе, уже в 2017 г. запланировал инвестиции в размере 30 % на технологии бурения ТРИЗов.

Екатерина Козинченко, партнер, руководитель практики A.T. Kearney "Энергетика и перерабатывающая промышленность" в России и СНГ, представила новые операционные модели для нефтяных компаний по разработке ТРИЗов, продолжив описание проблем мэйджоров. Он отметила, что у больших компаний структура матричная и функции превалируют. Соответственно, решения принимаются медленно. Маленькие компании обладают линейной структурой и решения принимаются быстро. Это стало залогом победы небольших компаний в осуществлении сланцевой революции.

В качестве параллельной сессии состоялся круглый стол "SMART технологии в нефтегазовом секторе: практические аспекты трансфера технологий. Требования импортонезависимости и безопасности". Модератором выступил вице-президент ТПП РФ Дмитрий Курочкин. Он отметил, что нефтегазовый сектор является одним из наиболее передовых по внедрению научных и технических разработок, в частности SMART технологий ("умные" технологии). За счет эффективного управления такого рода процессами, как свидетельствует опыт зарубежных стран, достижим прирост ВВП до 0,5 %, аналогичный вклад в прирост ВВП дает только нефтедобыча. Именно такой потенциальный эффект от системного широкомасштабного решения сформулированных проблем является ожидаемым и достижим для нашей страны в ближайшие годы, по Мнению Д. Курочкина.

Вице-президент компании Schneider Electric, председатель рабочего комитета "Информация и коммуникация" Международного делового конгресса Клеменс Блюм отметил, что проблема безопасности информационной инфраструктуры беспокоит многие компании мира. В странах ЕС, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки приняты соответствующие нормативно-правовые акты в данной сфере. Компании, активно работающие в интернет-сфере, проводят испытания цифровых платформ, которые позволят в дальнейшем повысить эффективность защиты и передачи данных. Хранить цифровые данные в разных стандартах неудобно и угрожает безопасности и росту затрат на их сохранность. По словам К. Блюма, требуется введение единого стандарта обмена информацией,

который сможет гарантировать безопасную работу и защиту цифровых данных.

Председатель подкомитета по информационной и промышленной безопасности Комитета ТПП РФ по безопасности предпринимательской деятельности Андрей Костогрызов рассказал о подходах к проблемам прогнозирования рисков и обеспечения мер по комплексной безопасности. В частности, применение SMART технологий должно быть неотъемлемой частью комплексной безопасности. Необходимо активно внедрять основы системной инженерии, процессы жизненного цикла программных продуктов и ряд других стандартов в сфере промышленной безопасности.

Об изменении российского законодательства в сфере цифрового суверенитета проинформировал участников заседания заместитель генерального директора "ИнфоТекс" Дмитрий Гусев. Он напомнил участникам сессии, что в декабре 2016 г. принят федеральный закон, направленный на защиту цифровых данных, препятствующий кибератакам на законодательном уровне. По мнению Д. Гусева, документ своевременен и будет эффективен в защите критической информационной структуры страны.

Обсуждая проект российского федерального закона "О безопасности критической информационной структуры РФ" партнер московского офиса "Бейкер и Макензи – Си – АйЭс, Лимитед" Эдвард Бекещенко отметил, что федеральный закон направлен, прежде всего, на защиту от киберугроз и кибератак. Он предусматривает активную кооперацию в данной сфере государства и компаний, организации ограниченного доступа к большому объему данных и обмену технологиями в сфере защиты технологических данных.

Тему технологии машинного обучения и искусственного интеллекта, которые будут применяться в нефтегазовой сфере, поднял в своем выступлении исполнительный директор Yandex Data Factory Александр Хайтин. Во многих отраслях промышленности простые решения исчерпаны, задачи прогнозирования и оптимизации уже решены, а дополнительная оптимизация требует капитальных затрат. В этой ситуации машинное обучение и анализ больших данных позволяют извлечь дополнительную выгоду из имеющихся активов с минимальными капитальными затратами или без них. Для этого надо насытить искусственным интеллектом операционную деятельность.

"Цифровым месторождениям" и вопросам кибербезопасности посвятила свое выступление Управляющий партнер БиСиДжи Ирина Гайда, рассказавшая, что под "цифровым месторождением" понимается взаимосвязь 11 областей, среди которых: большие данные и аналитика, облачные вычисления и хранение данных, адаптивное производство и др. Нефтегазовая отрасль во многом более подвержена киберугрозам, чем другие, а для снижения угроз необходимы действия как на уровне отдельных компаний, так и на отраслевом уровне.

О системах управления жизненным циклом сложных инженерных объектов на основе технологии Multi-D рассказал заместитель директора по системной инженерии и ИТ Группы компаний ASE (ГК "Росатом") Павел Брук. По его словам, данная технология разработана специально для объектов атомной энергетики и позволяет комплексно управлять проектами и жизненным циклом объекта от момента принятия решения о его проектировании.

Вице-президент по стратегическим международным проектам компании Schneider Electric Айна Кенандыкова отметила, что вопросы цифрового суверенитета являются важными для российского бизнеса и очень важными для реализации международных проектов. Не менее важным является вопрос соблюдения лицензионных соглашений при использовании иностранного программного обеспечения на территории РФ.

После обеденного перерыва участники ННФ продолжили работу в форматах следующих мероприятий: конференция "Наука – технологии – бизнес: основные этапы трансфера инновационных технологий в современном ТЭК", семинар "Планирование снабжения и закупок в нефтегазовых компаниях", круглый стол "Развитие сектора независимого предпринимательства в российском нефтегазовом комплексе", круглый стол "Кластеры, технопарки и инжиниринговые центры как драйвер развития нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности".

Форум прошел совместно с 17-й Международной выставкой "НЕФТЕГАЗ-2017". В работе форума приняли участие представители министерств и ведомств, российских и зарубежных компаний ТЭК, аналитических агентств, отраслевых ассоциаций, научных сообществ, ведущих средств массовой информации.

# СБОРКА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ HYUNDAI В КАЛИНИНГРАДЕ

А.С. Савченко

***13 апреля 2017 г. в Калининграде на заводе холдинга "АВТОТОР" дан старт новому проекту по сборке коммерческих автомобилей марки Hyundai. Совокупный объем инвестиций в производство составил 50 млн долл. США.***

Сборка корейских грузовиков на "АВТОТОРе" будет включать полный цикл производства (сварка и окраска кабин, их внутренняя отделка). Кроме того, в соседнем цехе на собранные шасси будут устанавливаться кузова (промтоварные и изотермические фургоны) и различные надстройки. Первую пробную партию выпустят в ноябре этого года и она составит 400 автомобилей. Серийное производство начнется в январе 2018 г. Ежегодно планируется выпускать до 5 тыс. грузовиков.

"Мы открываем новую главу в развитии Hyundai в России. Мы всегда ответственно подходим к выполнению наших искренних обещаний и уверены, что вместе сможем превратить кризисные времена во времена возможностей, – отметил Сонг Квон Хан, президент компании Hyundai Motor Company.

Первоначально по полному циклу "АВТОТОР" будет выпускать только 7,5-тонные грузовики HD78, затем поэтапно планируется расширить модельную гамму.

Годовой объем производства оценивается не менее чем в 16 тыс. грузовиков. Если будет хороший спрос на автомобили Hyundai, то "АВТОТОР" сможет выпустить их больше.

Согласно базовому прогнозу "АВТОСТАТА", рынок CV в 2017 г. может вырасти примерно на 10 %, т.е. до 19 тыс. автомобилей. В оптимистичном варианте рост может достичь 20 %, а общий объем продаж – 20,8 тыс. автомобилей.

*Четырехцилиндровый двигатель уже монтируется на раму*

*Установка кабины HD78*

Данному событию предшествовало подписание в марте 2016 г. Генерального соглашения об инвестициях и техническом сотрудничестве, а в декабре того же года Соглашения о производстве полного цикла. План запуска производства переводит реализацию проекта в практическую стадию.

Серьезность намерений по развитию проекта подтверждается постоянным усилением подразделения коммерческих автомобилей Hyundai в сотрудничестве с "АВТОТОРом" на российском рынке. По словам представителя "АВТОТОРа", в ближайшем будущем здесь запустят в серию 3,5-тонный фургон H350, который показали в январе этого года на презентации дистрибьюторской компании "Хендэ Трак энд Бас Рус".

По данным агентства "АВТОСТАТ", в 2016 г. объем рынка новых легких коммерческих автомобилей (LCV) в России составил 92,7 тыс. ед., что на 0,1 % выше показателя 2015 г. По итогам января–февраля 2017 г. рост составил уже 25,7 %.

Глубокая локализация производства дает возможность автопроизводителю получить различные государственные преференции, чтобы корейский бренд мог бы конкурировать на отечественном рынке с Ford, Peugeot, Iveco и др.

Кроме грузовиков холдинг "АВТОТОР" планирует выпускать и автобусы. Создание у себя "автобусных" мощностей руководство "АВТОТОРа" связывает с ростом отечественного рынка пассажирского транспорта.

# РЫНОК НОВЫХ ЛЕГКИХ КОММЕРЧЕСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ

В.Г. Семаков

***Согласно данным агентства "АВТОСТАТ", рынок новых легких коммерческих автомобилей (LCV) в России по итогам 2016 г. остался на предыдущем уровне и составил 92,8 тыс. ед. (+0,2 %). Таким образом, после трех лет падения спрос на российском рынке LCV стабилизировался.***

Безусловным лидером сегмента остается Горьковский автозавод, который в прошлом году укрепил свои позиции, заняв долю в 45,1 %. Так, продажи "ГАЗелей" и "Соболей" увеличились на 8,9 % и составили 41,9 тыс. автомобилей. Локомотивами спроса стали цельнометаллический фургон и каркасный автобус "ГАЗель NEXT", а также бортовые автомобили этой модели с газово-бензиновым двигателем. Вторую строчку в рейтинге продаж сохраняет Ульяновский автозавод, который, в отличие от 2015 г., на этот раз показал снижение реализации – 7,2 % до 18,8 тыс. автомобилей. В результате доля УАЗа в сегменте LCV сократилась до 20,3 %. Стоит при этом отметить, что УАЗ "Карго", который в конце прошлого года прошел обновление, показал рост продаж по итогам 2016 г.

На третье место по объему реализации на рынке новых легких коммерческих автомобилей в России вернулась отечественная марка LADA – продажи фургонов Largus и пикапов "ВИС" в прошлом году выросли на 10,6 % и составили 7,7 тыс. ед.

Лидером среди иностранных LCV остается Mercedes-Benz, чья реализация упала на 25,8 % до 6,6 тыс. автомобилей. Замыкает пятерку лидеров по-прежнему Ford с показателем 5 тыс. проданных

*Локомотив спроса – цельнометаллический фургон "ГАЗель NEXT"*

*Концерн Volkswagen улучшил свои позиции на российском рынке благодаря растущему спросу на модели группы Т нового поколения*

LCV, что на 16,9 % выше результата годичной давности.

Volkswagen смог улучшить свои позиции на российском рынке благодаря растущему спросу на модели Т нового поколения (Multivan, Caravelle, Transporter).

Реализация немецкой марки в 2016 г. выросла на 51,4 % и составила 4,6 тыс. легких коммерческих автомобилей. А вот FIAT, напротив, показал падение продаж – на 44,2 % до 2,1 тыс. автомобилей. На восьмую строчку рейтинга поднялась Hyundai – спрос на автомобили корейской марки увеличился на 29,5 % до 1,6 тыс. шт., включая новую модель HD35. Девятый результат показал Peugeot – 1,2 тыс. проданных LCV, что на 16,3 % меньше по сравнению с 2015 г. В ТОР-10 лидеров российского рынка легких коммерческих автомобилей по итогам 2016 г. также вошел Iveco со своей моделью Daily, чья реализация увеличилась на 9,3 % до 1,1 тыс. ед.

Остальные участники рынка не преодолели показателя продаж в тысячу автомобилей.

### Региональная структура рынка LCV

По итогам прошлого года в РФ было реализовано 92,8 тыс. новых легких коммерческих автомобилей, что на 0,2 % превышает показатель 2015 г. При этом в зависимости от региона динамика продаж отличалась как в сторону увеличения, так и в сторону значительного падения.

Традиционно крупнейшим рынком сбыта LCV является Центральный ФО, чья доля в общероссийском объеме реализации превысила 36 %. В количественном выражении это составило 33,6 тыс. авто-

мобилей (+1,3 %). Почти 2/3 из этого количества нашли своих покупателей в Москве (14,7 тыс. шт.; +5,4 %) и Подмосковье (6,7 тыс. шт.; –3,4 %), которым суммарно принадлежит около четверти всего российского рынка. Вторую строчку в рейтинге федеральных округов занимает Приволжский ФО с долей 20,6 % – это 19,1 тыс. проданных LCV (+0,3 %). Регионом-лидером здесь остается Татарстан, где было реализовано 3,1 тыс. автомобилей (+0,4 %). Третьим по объему продаж становится Северо-Западный ФО – реализация 11,1 тыс. легких грузовиков (+7,5 %) обеспечила ему 12%-ную долю рынка. При этом больше половины из этого количества пришлось на Санкт-Петербург (6,1 тыс. шт.; +13,7 %), занимающий третью позицию в региональном рейтинге.

В Сибирском ФО зафиксировано падение спроса на 5,2 % до 8,5 тыс. автомобилей, что эквивалентно доле в 9,1 %. Чуть меньший результат показал Южный ФО – 8,2 тыс. ед. (+3 %), а его доля составила 8,9 %. Стоит при этом отметить, что входящий в состав ЮФО Краснодарский край занял четвертое место в региональном рейтинге и первое среди нестоличных субъектов РФ с показателем 3,8 тыс. шт. (+13,8 %). Далее следует Уральский ФО, в котором было реализовано 7,6 тыс. автомобилей (+2,4 %), в нем наилучшие продажи демонстрирует Свердловская область (2,3 тыс. шт.; –0,8 %), входящая в ТОР-10 среди регионов.

Меньше всего LCV по-прежнему продается в Дальневосточном (2,4 тыс. шт.; –10,7 %) и Северо-Кавказском (2,3 тыс. шт.; –25 %) федеральных округах, которым суммарно принадлежит 5 % от общероссийского рынка. Отметим, что, в отличие от большинства федеральных округов России, на Дальнем Востоке и на Северном Кавказе в прошлом году наблюдалось существенное падение продаж новых легких коммерческих автомобилей.

### Импорт LCV в Россию

По данным Федеральной таможенной службы РФ, импорт юридическими лицами новых легких коммерческих автомобилей в Россию за 2016 г. составил 13,5 тыс. ед., что на 1,9 % ниже показателя годичной давности. Таким образом, ввоз LCV в нашу страну сокращается четвертый год подряд.

Крупнейшим импортером автомобилей полной массой до 3,5 т в прошлом году стал Volkswagen с долей 24,5 % в общем объеме поставок. Так, в Россию было ввезено 3,3 тыс. автомобилей немецкой марки (–6,5 %), а самой массовой моделью остается микроавтобус Caravelle (1,3 тыс. шт.; –17,7 %). На второе место по объему импорта вышел еще один немецкий бренд – Mercedes-Benz, чей результат составил 2,5 тыс. легких коммерческих автомобилей (–15,9 %), а доля достигла 18,1 %. При этом улучшить позиции в рейтинге штутгартский автопроизводитель смог благодаря росту поставок минивэна V-класса (1,4 тыс. шт.; +33,6 %), ставшего бестселлером среди импортных моделей с трехлучевой звездой. В тройку лидеров вошла Hyundai, нарастившая поставки микроавтобусов H1 на 31,9 % до 2 тыс. ед., что обеспечило южнокорейской компании 14,7 % в общем объеме импорта.

*Лидером среди иностранных LCV остается Mercedes-Benz Sprinter*

А вот FIAT, который в 2015 г. стал крупнейшим импортером в сегменте LCV, по итогам прошлого года расположился на четвертой позиции. Итальянская компания поставила в Россию 1,7 тыс. авто (–53,3 %), причем все это – микроавтобусы и фургоны Ducato, тогда как модели Doblo и Scudo на российский рынок больше не импортируются. Значительно увеличили ввоз легких коммерческих автомобилей в нашу страну французские Peugeot (1,7 тыс. шт.; +246,1 %) и Citroen (1,5 тыс. шт.; +161,5 %). Поставки легких грузовиков Iveco Daily в прошлом году выросли на 32,3 % и составили 479 ед. Рост импорта зафиксирован и у японской Toyota – на 59,2 % до 312 ед., львиная доля из которых приходится на минивэн Hiace (296 шт.; +54,2 %).

Французский производитель Renault вывел с российского рынка модель Kangoo и значительно сократил поставки автомобилей Master. Всего по итогам 2016 г. в Россию было ввезено 79 автомобилей французской марки против 1037 шт. годом ранее.

Практически равные объемы импорта зафиксированы у китайского Gonow и японского Nissan, поставивших в нашу страну 47 и 43 легких коммерческих автомобиля соответственно. Объемы импорта оставшихся марок выглядят незначительными.

### Прогноз развития рынка LCV в России

При составлении прогноза рынка LCV рассматривались три сценария: базовый, оптимистичный и пессимистичный. Для прогнозирования рынка был применен комплексный подход, представляющий собой сочетание экспертных и математических методов прогноза. В качестве математических инструментов использовались методы временных рядов, экстраполяции и метод множественной регрессии для факторного анализа.

На основании собственных исследований и расчетных экспериментов специалистами агентства "АВТОСТАТ" были выделены макроэкономические факторы, оказывающие наиболее значимое влияние на годовой объем продаж LCV.

Закономерно, что среди этих выбранных факторов, в свою очередь, наиболее влиятельными являются факторы, прямо или косвенно связанные с ценой нефти:

"Среднегодовой курс EURO", "Годовой объем импорта РФ" и "Среднегодовая цена бензина АИ-92". В случае развития российской экономики в 2017 г. по варианту "базовый+" перечисленные факторы должны показать умеренную позитивную динамику.

Так, курс EURO должен снизиться с 74,3 руб. до 64–65 руб., т.е. на 13–14 %, объем импорта вырасти примерно на 7–7,5 %, а среднегодовая цена бензина АИ-92 увеличиться не более чем на 4 %. Непременным условием заметного роста рынка LCV должна быть и реализация мер поддержки автопрома и рынка, объявленных на 2017 г.

Согласно базовому сценарию развития, рынок LCV в 2017 г. вырастет примерно на 10 %, т.е. до 102 тыс. автомобилей. В оптимистичном варианте рост может достичь 21 %, а общий объем продаж – 112 тыс. автомобилей.

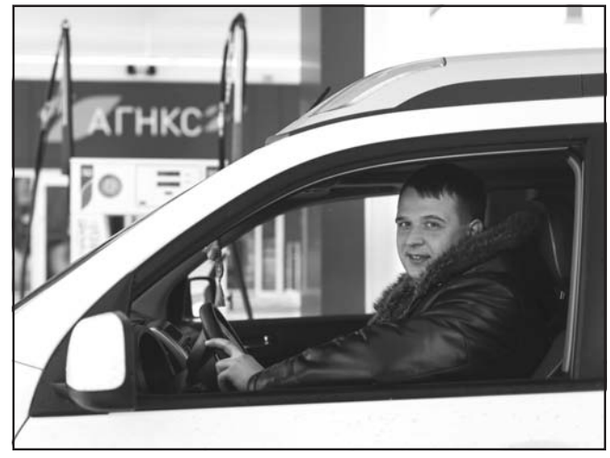
Пессимистичный вариант прогноза предполагает совсем небольшой показатель роста – около 6 %, или 98 тыс. автомобилей. В период 2018–2019 гг. продолжится рост рынка LCV, однако в зависимости от сценария динамика роста будет существенно отличаться. По базовому сценарию рост может составить: 15 % – в 2018 г. и 14 % – в 2019 г., что обеспечит выход рынка по итогам 2019 г. на общий объем продаж около 135 тыс. автомобилей.

*Продажи фургонов LADA Largus в 2016 г. выросли*

В марочной структуре рынка LCV в 2017 г., без сомнения, сохранится лидерство двух отечественных марок ГАЗ и УАЗ, суммарная рыночная доля которых сохранится на прежнем уровне – около 65 %. Однако динамика продаж этих марок будет, по нашему мнению, существенно отличаться. Объем продаж ГАЗ может заметно вырасти – примерно на 15 % – до 48,3 тыс. шт., а объем продаж УАЗ немного снизиться – на 3 % – до 18,2 тыс. шт. Третья отечественная марка LADA, судя по тренду 2016 г., продолжит уверенно наращивать продажи и укрепит свою третью позицию нарынке LCV. Динамика продаж LADA может достичь 19 %, что приведет к увеличению ее доли рынка с 8 до 9 %. Марка Mercedes-Benz, занявшая четвертую позицию в рейтинге продаж 2016 г., вероятнее всего, не сможет преодолеть тенденцию спада продаж и "потеряет" около 12 %. Такой спад может позволить ближайшим конкурентам – Ford и Volkswagen – опередить Mercedes-Benz по объемам продаж. По оценке маркетологов "АВТОСТАТА", эти марки однозначно настроены на успех в 2017 г. и могут продемонстрировать очень высокую динамику продаж: 30 и 32 % соответственно. У марки FIAT явно отсутствуют предпосылки для восстановления своей рыночной позиции, поэтому предполагается дальнейший и серьезный спад ее продаж – до 32 %. Помимо рассмотренных брендов, входивших в 2016 г. в состав первой "семерки", в 2017 г. имеются шансы улучшить свои продажи еще у ряда известных марок LCV. Так, заметный положительный рост могут показать Hyundai, Peugeot, Iveco и Citroen. Динамика остальных марок вряд ли сможет оказать заметное влияние на развитие рынка LCV, поскольку суммарный объем их продаж составит лишь около 1 % общего объема рынка.

## НОВЫМ КЛИЕНТАМ АГНКС "ГАЗПРОМ" – ТОПЛИВНЫЕ КАРТЫ ECOGAS

***В Казани, Орске и Уфе на новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) сети "Газпром" участники программы "EcoGas – экономия для Вас!" получили топливные карты с бесплатным объемом природного газа.***




Для участия в маркетинговой программе "Газпром газомоторное топливо" необходимо установить газовое оборудование в партнерских пунктах компании и получить топливную карту с бесплатным объемом природного газа от 1500 до 3000 м$^3$. Это позволяет компенсировать часть затрат автовладельцев на переоборудование транспортных средств.

Программа "EcoGas – экономия для Вас!" реализуется в 14 регионах России, на территории которых действуют 75 АГНКС Группы "Газпром", 20 из которых, построены в 2016 г.

"Строительство новых газозаправочных объектов позволяет сделать природный газ доступным топливом для потребителей, а наши маркетинговые программы выступают в качестве эффективного инструмента по переходу на EcoGas", – подчеркнул генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Михаил Лихачев.

## САМОСВАЛ "УРАЛ-6370 CNG" НА ВЫСТАВКЕ СТТ-2017

***Автомобильный завод "Урал" показал на международной выставке СТТ-2017, которая прошла с 30 мая по 3 июня с.г., самосвал "Урал-6370" (полная масса 33,5 т, грузоподъемность 18,5 т), который оснащен газовым двигателем мощностью 420 л.с.***

В базовом дизельном варианте "Урал-6370" (6×6) производится с 2010 г., в топливной системе газовой версии грузового автомобиля используется компримированный природный газ – метан. Самосвал оснащен 17 баллонами общим объемом 304 м$^3$, что дает автомобилю запас хода до 610 км. Газовый двигатель мощностью 420 л.с. позволил сохранить тяговые и динамические параметры на уровне дизельных модификаций, а схема размещения газовых баллонов сохраняет параметры проходимости на уровне дизельного аналога. Большегрузный "Урал-6370 CNG" оснащен двухместной кабиной бескапотного исполнения повышенной комфортности, со спальным местом. Объем самосвального кузова – 14 м$^3$. Коробка передач – механическая, 16-ступенчатая. Раздаточная коробка – двухступенчатая, с межосевым блокируемым дифференциалом. Серийное производство газового автомобиля планируется начать до конца 2017 г.

## ПРЕСС-КОНФЕРЕНЦИЯ IVECO

***11 апреля 2017 г. на площадке "Swissotel Красные Холмы" прошла официальная пресс-конференция компании Iveco. Мероприятие было посвящено итогам деятельности бренда в 2016 г., его стратегии и прогнозам развития на российском рынке в 2017-м, а также о результатах деятельности и планах группы CNH Industrial, в состав которой входит Iveco.***

В пресс-конференции приняли участие глава представительства CNH Industrial в России и республике Беларусь Фабрицио Чеполлина, бизнес-директор направления Iveco в России и республике Беларусь Массимилиано Перри, бизнес-директор направления "Запасные части" CNH Industrial в России Михаил Мураховский и руководитель отдела маркетинга Iveco Алексей Слухай.

Фабрицио Чеполлина в своем выступлении озвучил финансовые показатели группы в мире, в том числе и для сегмента коммерческого транспорта: выручка увеличилась с 9,542 млрд долл. в 2015 г. до 9,553 млрд долл. в 2016-м, а операционная прибыль – с 283 млн до 333 млн долл. США соответственно.

"Мы отмечаем положительный тренд на российском рынке грузовых автомобилей благодаря общей стабилизации экономики и в 2017 г. прогнозируем рост рынка в районе 10 %. А к 2020 г. ожидаем возврата спроса на уровень 2014 г.", – отметил Фабрицио Чеполлина. Он уделил особое внимание локализации производства. Так, завод в Набережных Челнах, где производится сельскохозяйственное оборудование брендов CASE IH и New Holland Agriculture, уже выполняет 10 из 15 необходимых индустриальных операций согласно постановлению Правительства РФ № 719, и в 2017 г. данный список будет расширен. А на совместном предприятии "Ивеко-АМТ" планируется наладить выпуск грузовиков тяжелой гаммы Astra, адаптированной для российских условий эксплуатации.

Доля Iveco на рынке (3,5 т и выше) составляет 1,6 %, или 1 611 ед. техники, в сегменте автобусов (свыше 6 т) – 6 %, или 644 ед.

"Мы планируем сохранить долю Iveco на этом же уровне в текущем году, однако, вполне возможно, пересмотрим прогнозы, ведь за первые два месяца 2017 г. рост рынка в сегментах, где мы присутствуем составил около 35 %", – отметил Массимилиано Перри.

*Массимилиано Перри, бизнес-директор направления Iveco в России и республике Беларусь*

В планах компании – развитие и реформатирование дилерской сети. Так, в марте был открыт первый центр в новом формате – СИАС. А на третий квартал 2017 г. запланирован запуск в России программы OK Trucks, основная концепция которой заключается в предложении клиентам широкой линейки подержанных автомобилей, сертифицированных по стандартам качества Iveco.

В начале лета компания представит обновленную версию Iveco Daily, новый Iveco Eurocargo ("Грузовик года – 2016") и новый Iveco Stralis NP, работающий на природном газе, особо концентрируясь на таком важном показателе, как стоимость владения автомобилем. "Мы сравнили Iveco Daily с аналогом конкурента по цене машины, стоимости обслуживания и расходу топлива. В итоге получилось, что совокупная стоимость владения нашим автомобилем дешевле на 15–16 %", – прокомментировал Алексей Слухай.

CNH Industrial также сообщила о существенном улучшении сервиса по поставке запасных частей: площадь распределительного центра в Подмосковье с постоянным наличием номенклатуры запасных частей более 30 тыс. артикулов увеличена на 1000 м$^2$. "Таким образом, при обращении клиентов запасные части и компоненты оказываются уже в наличии на нашем центральном складе в Москве более чем в 91 % случаев, а в любой уголок России, включая Дальний Восток и Крайний Север, мы можем доставлять запасные части в течение 24 ч", – отметил в своем выступлении Михаил Мураховский.

## КРАЗ НА МЕТАНЕ: НОВОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ГРУЗОВИКА НА ГАЗЕ

***ПАО "АвтоКрАЗ" представило новый вариант своего грузового автомобиля с газовым двигателем в качестве портального мусоровоза. Новый мусоровоз создан на базе шасси КрАЗ-5401Н2 (4×2) с газовым двигателем Daimler M906LAG, отвечающим экологическим стандартам "Евро-5".***

Смонтированная на шасси надстройка производства кременчугской компании ТК "ВИВА" представляет собой коммунальный комплекс для сбора мусора системы скип-лифт. Мусоровозная спецнадстройка оборудована портальным погрузчиком для транспортировки негабаритных и строительных отходов, контейнером ковшового типа объемом 10 м$^3$.

Портальный погрузчик поднимает контейнер горизонтально и с легкостью переносит его через препятствие. Один автомобиль станет обслуживать десятки контейнеров, размещенных в разных точках завода. Эффективность мусоровоза будет наибольшей в крупных городах, где требуется маневренность при незначительном пространстве. Новый мусоровоз на газе будет работать на ПАО "АвтоКрАЗ" в Кременчуге, убирая огромную территорию, площадью почти 150 га.

## ПРОИЗВОДСТВО ТЯЖЕЛЫХ ГРУЗОВИКОВ ISUZU В УЛЬЯНОВСКЕ

***13 апреля 2017 г. губернатор Сергей Морозов посетил с рабочим визитом комплекс АО "Исузу Рус" и обсудил с руководством предприятия перспективы его развития.***

По информации руководства предприятия, в 2017 г. выпустят более 4 тыс. автомобилей. Планируется, что автомобили будут как на традиционном дизельном двигателе, так и на газовом. При этом все они будут соответствовать экологическому стандарту "Евро-5" В настоящее время наибольшим спросом грузовики тяжелой серии пользуются в Европейской части России, второй центр спроса – Дальний Восток.

Всего в 2017 г. планируемый объем производства составляет 4 332 ед., что на 87 % больше результата 2016 г. По словам директора по производству АО "Исузу Рус" Павла Головина, для своевременного выполнения плана штат сотрудников также планируется увеличить в этом году на 70 чел.

"В первую очередь хотел бы поблагодарить руководство предприятия за созданные условия для сотрудников. Для нас важно, что вы системно индексируете заработную плату, которая сегодня в среднем составляет порядка 40 тыс. руб. Мы недавно разговаривали с директором ООО "УАЗ" Вадимом Швецовым о перспективах наполнения площадки индустриального парка УАЗ. Договорились о том, что проведем встречи со всеми поставщиками, чтобы помочь, в том числе и "Исузу Рус", с повышением уровня локализации производства. Мы планируем сделать им хорошее предложение, в том числе связанное с налоговыми послаблениями, чтобы они расположили здесь свое производство. Мы, в свою очередь, будем работать над обеспечением кадрами. В ближайшее время региональное правительство по моему поручению подготовит специальный закон о компенсации затрат на подготовку персонала", – подчеркнул глава региона.

Как напоминает пресс-служба регионального правительства, сотрудничество японской компании "Исузу Рус" и Ульяновской области началось в 2006 г. Сборочный цех "Исузу Рус" был открыт в 2012 г. на территории УАЗа. На производственной площадке собираются грузовые автомобили различной грузоподъемности с использованием как импортных, так и локализованных узлов и компонентов. В августе 2016 г. было подписано соглашение между Корпорацией развития Ульяновской области и АО "Исузу Рус", согласно которому российское дочернее подразделение японской "Исузу Моторс Лтд" становится "якорным" резидентом индустриального парка "УАЗ" в Ульяновске.