



# ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



№ 4 (46) 2015



Реклама

**СПГ: пилотные проекты для транспортного комплекса  
Импортозамещение при строительстве АГНКС  
Автопробег «Голубой коридор – 2015»**

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору  
в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны  
культурного наследия.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114

Включен в Перечень ВАК

#### Учредитель и издатель

НП «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА),  
аффилирована с Международным газовым союзом

#### Периодичность

6 номеров в год

#### Главный редактор

**П.Г. Цыбульский**

генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

#### Члены редакционной коллегии

**А. Беранек**

генеральный директор ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус» (Чехия)

**Б.В. Будзуляк**

председатель Комиссии по использованию  
природного и сжиженного нефтяного газа  
в качестве моторного топлива, д.т.н.

**С.П. Горбачев**

профессор, главный научный сотрудник  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

**В.И. Ерохов**

профессор «МАМИ», д.т.н.

**Р.З. Кавтарадзе**

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**Т.В. Климова**

начальник службы по связям с общественностью  
и СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
заместитель главного редактора

**С.И. Козлов**

д.т.н.

**С.В. Люгай**

директор Центра использования газа  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н., исполнительный директор НГА

**В.А. Марков**

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**А.В. Николаенко**

ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

**Ю.В. Панов**

профессор МАДИ, к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**

профессор Российского университета дружбы народов, д.т.н.

**Е.Н. Пронин**

член совета НГА

**В.Л. Стативко**

ветеран газовой отрасли, к.т.н.

**В.Н. Фатеев**

зам. директора НИЦ «Курчатовский институт», д.х.н.

#### Редактор

**О.А. Ершова**

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Тел.: +7 (498) 657 29 76

#### Отдел подписки и рекламы

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

Тел.: +7 (498) 657 29 77

#### Перевод

**А.И. Хлыстова**

#### Компьютерная верстка

**И.В. Шерстюк**

#### Адрес редакции:

142717, Московская обл., Ленинский р-н, п. Развилка, а/я 253

www.ngvrus.ru

Отпечатано с представленного электронного оригинал-макета

в ООО «Типография «ПАРТНЕР-ПРИНТ»

109202, Москва, Басовская ул., 16, стр. 1

Номер заказа

Сдано на верстку 15.06.2015 г.

Подписано в печать 15.07.2015 г.

Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.

Печать офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал

«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,

опубликованной в рекламных материалах

#### На обложке:

заправка метановоза на КСПГ в Калининградской области

## В НОМЕРЕ

СПГ: пилотные проекты для транспортного комплекса . . . . .	3
Заседание научно-технического совета ОАО «Газпром». . . . .	7
Общее годовое собрание членов Национальной газомоторной ассоциации. . . . .	10
<b>Цудиков Д.Б.</b> Импортозамещение в строительстве АГНКС Примеры реализации в решениях НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» . . . . .	13
<b>Колодяжный Д.А.</b> Развитие рынка КПП в регионах присутствия ЗАО «Газпромнефть – Альтернативное топливо» . . . . .	18
<b>Магомедов Р. Р.</b> Особенности опыта проектирования и строительства объектов газомоторной инфраструктуры в Северо-Кавказском регионе . . . . .	20
<b>Ганиев И.Р.</b> Особенности применения дожимных компрессоров на ПАГЗ. . . . .	24
<b>Марков В.А., Девянин С.Н., Улюкина Е.А., Пуляев Н.Н.</b> Метилловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив . . . . .	29
<b>Лиханов В.А., Лопатин О.П.</b> Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ. . . . .	42
<b>Евстифеев А.А.</b> Современные подходы к выбору производительности основного технологического оборудования объектов заправки природным газом . . . . .	48
Обзор новых интеллектуальных решений в области использования природного газа . . . . .	55
Россия подхватила мировой тренд. . . . .	58
Развивая новые направления . . . . .	62
<b>Пронин Е.Н.</b> Автопробег «Голубой коридор – 2015». . . . .	66
Abstracts of articles . . . . .	78
Авторы статей в журнале № 4 (46) 2015 г. . . . .	80



Registered with the Federal Service for Supervision in Mass  
Communications and Cultural Heritage Protection  
Printed Matter Registration Certificate No. FS77-30114

#### Founder and Publisher

Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle  
Association (NGVRUS), is affiliated with IGU

#### Published

6 issues a year

#### Editor-in-Chief

**Tsybulsky, P.G.**

*Director General of Gazprom VNIIGAZ, PhD*

#### Editorial board members

##### **Beranek Antonin**

*Director General  
of VÍTKOVICE Rus (Czech Republic)*

##### **Budzulyak, B.V.**

*Chairman of the Commission for Use of Natural  
and Liquefied Petroleum Gas as Gas-Motor Fuel,  
Doctor of Engineering*

##### **Erokhov, V.I.**

*MAMI Professor, Doctor of Engineering*

##### **Gorbachev, S.P.**

*Professor, Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering*

##### **Kavtaradze, R.Z.**

*Professor of N.E. Bauman's MGTU, Doctor of Engineering*

##### **Klimova, T.V.**

*acting Head of Public and Mass Media Relations Service  
of Gazprom VNIIGAZ, deputy chief editor*

##### **Kozlov, S.I.**

*Doctor of Engineering*

##### **Lyugai, S.V.**

*PhD, Director of the Centre «Gas Use»,  
JSC «Gazprom VNIIGAZ»,  
executive director, NGVRUS*

##### **Markov, V.A.**

*Professor of N.E. Bauman's MGTU,  
Doctor of Engineering*

##### **Nikolaenko, A.V.**

*Rector of the Moscow State Technical University (MAMI), Professor,  
Doctor of Science*

##### **Panov, Yu.V.**

*Professor of MADI (GTU), PhD*

##### **Patrakhaltsev, N.N.**

*Professor of People's Friendship University of Russia,  
Doctor of Engineering*

##### **Pronin, E.N.**

*member of the Council, NGVRUS*

##### **Stativko, V.L.**

*The vet of gas industry, Candidate of Science*

##### **Fateev, V.N.**

*Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute,  
Doctor of Chemistry*

#### Editor

##### **Ershova, O.A.**

E-mail: transport.1@ngvrus.ru  
Phone.: +7 (498) 657 29 76

#### Subscription and Distribution Department

E-mail: transport.2@ngvrus.ru  
Phone.: +7 (498) 657 29 77

#### Translation by

**Khlystova A.I.**

#### Computer imposition

**Sherstyuk, I.V.**

#### Editorial office address:

PO Box 253, p. Razvilka, Leninsky r-n,  
Moskovskaya obl, 142717  
www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 15.06.2015

Endorsed to be printed on 15.07.2015

Format 60x90 1/8 Circulation 3,000 copies Enamel paper

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

When copying materials, a reference «Alternative Fuel Transport» International  
Scientific and Technical Magazine is obligatory.

The editors are not responsible for accuracy of the information contained  
in advertising matter.

## CONTENTS

LNG: pioneering projects for transportation industry . . . . .	3
Research and development board meeting of OJSC Gazprom. . . . .	7
Annual general meeting of NGVa members . . . . .	10
<b>Dmitri Tsudikov</b> Import phaseout in the gas stations construction industry <i>Implementation examples in decisions of scientific and production corporation «LENPROMAVTOMATIKA»</i> . . . . .	13
<b>Dmitry Kolodyazhny</b> CNG Market development in presence regions Close Joint Stock Company «Gazpromneft – Alternativnoe toplivo» . . . . .	18
<b>Ramazan Magomedov</b> Features of experience in the design and construction of NGV infrastructure in the North Caucasian region . . . . .	20
<b>Ildar Ganiev</b> Features of booster compressors' application on MGFS. . . . .	24
<b>Vladimir Markov, Sergey Devyanin, Elena U'ukina, Nikolay Pulyaev</b> Methyl ester of sunflower oil as the environmental component for petroleum motor fuels . . . . .	29
<b>Vitaly Likhanov, Oleg Lopatin</b> Impact of natural gas usage and the EGR (exhaust gas recirculation) methanol- and ethanol-fuel emulsions at concentrations of toxic components in the exhaust gas . . . . .	42
<b>Andrey Evstifeev</b> Modern approaches to the selection of the main production machinery performance on natural gas fueling facilities . . . . .	48
Review on brand-new intelligent solutions in natural gas usage industry. . . . .	55
Russia on catching up the world trend . . . . .	58
Evolving new departures . . . . .	62
<b>Eugene Pronin</b> Blue corridor 2015 . . . . .	66
Abstracts of articles . . . . .	78
Contributors to journal issue № 4 (46) 2015 r. . . . .	80

# СПГ: пилотные проекты для транспортного комплекса

Расширение использования природного газа в качестве моторного топлива в России носит комплексный характер. Компания «Газпром газомоторное топливо» наряду с работой по созданию федеральной сети АГНКС реализует ряд пилотных проектов по развитию производственно-сбытовой инфраструктуры сжиженного природного газа (СПГ). Во взаимодействии с руководством Республики Татарстан ведется проработка проекта создания сети КриоАЗС и строительства комплекса по сжижению природного газа на территории региона. В Башкортостане также планируется создание сбытовой инфраструктуры для СПГ. С ОАО «КАМАЗ», крупнейшим отечественным производителем тяжелых грузовых автомобилей, работающих на компримированном природном газе

(КПГ), достигнуты договоренности об организации производства автотехники, работающей на СПГ. В перспективе новые мощности малотоннажного производства СПГ будут призваны обеспечить заправку не только магистрального автомобильного, но железнодорожного и водного транспорта.

Преимуществами СПГ, как моторного топлива, являются его высокая энергоэффективность и возможность транспортировки в негазифицированные районы. Основными объектами сбытовой инфраструктуры СПГ являются криогенные заправочные станции (КриоАЗС), которые имеют ряд преимуществ перед АГНКС. КриоАЗС требуют меньших капитальных и эксплуатационных расходов, могут работать автономно (без подключения к газопроводу), занимают меньшую



площадь и по энергоэффективности в 10 раз превосходят показатели АГНКС. Однако для создания полномасштабной сети КриоАЗС важно организовать производственную инфраструктуру и логистические цепочки поставки СПГ до конечных потребителей.

В зависимости от технологических условий специалисты компании «Газпром газомоторное топливо» рассматривают различные источники производства СПГ. Например, сжижение газа возможно осуществлять на газораспределительных станциях (ГРС) дочерних обществ Газпрома. Производство СПГ на ГРС является наиболее энергоэффективным способом, но ограничено рядом факторов. Большинство ГРС имеют невыгодное территориальное расположение. К тому же необходима более высокая пропускная способность газопроводов-отводов подачи газа на ГРС. Из минусов также можно отметить чувствительность цикла производства СПГ к стабильности расхода газа через ГРС.

Другой вариант производства СПГ – это строительство автономных малотоннажных комплексов (КСПГ) производительностью от 7 до 100 т/час (от 50 до 800 тыс. т/год). Ключевым преимуществом данного варианта является стабильное качество произведенного топлива, возможность автономного размещения КСПГ и бесперебойность работы. Тем не менее, строительство автономных комплексов по сжижению газа – капиталоемкий проект, превосходящий по стоимости другие варианты производства СПГ.

Третий вариант – это сжижение природного газа на существующих площадках АГНКС. Этот способ удобен тем, что дает возможность использования

ресурсов основного компрессорного и технологического оборудования АГНКС, а также инженерной инфраструктуры и персонала. Данный вариант характеризуется наибольшими энергозатратами, при этом позволяет исключить из структуры капитальных затрат средства на создание логистических схем, поскольку СПГ будет производиться непосредственно в точке его реализации.

При осуществлении проектов по созданию сети КриоАЗС на территориях субъектов РФ компания «Газпром газомоторное топливо» планирует использовать различные форматы, в зависимости от результатов предпроектной проработки (технико-экономические обоснования). Логистические цепочки регулярных поставок СПГ до пунктов реализации планируется организовать с помощью метановозов, железнодорожного транспорта и бункеровщиков.

### Проект в Татарстане

В Республике Татарстан сегодня реализуется наиболее масштабный проект по созданию производственно-сбытовой инфраструктуры КПП и СПГ. Правительством республики и компанией «Газпром газомоторное топливо» утверждена Дорожная карта по развитию на территории региона инфраструктуры на основе СПГ: сети КриоАЗС и комплекса по сжижению природного газа. Проект предусматривает создание на территории региона газомоторного коридора на федеральной трассе М-7 «Волга» (Москва – Владимир – Нижний Новгород – Казань – Уфа). На данный момент прорабатываются технико-экономическое обоснование строительства комплекса по сжижению



Подписание Дорожной карты: слева направо – генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаил Лихачев и премьер-министр Республики Татарстан Ильдар Халиков

природного газа и варианты его расположения на территории региона.

## Проект в Башкортостане

Следующим пилотным регионом, где также активно развивается инфраструктура по использованию КПП и СПГ на транспорте, является Республика Башкортостан. По территории региона проходят две важные федеральные трассы М-7 «Волга» и М-5 «Урал», на которых строительство газомоторных объектов является первостепенной задачей.

Анализ пяти сегментов потенциальных потребителей газомоторного топлива – магистрального автотранспорта, карьерной и сельскохозяйственной техники, морского и железнодорожного транспорта – выявил, что наибольший спрос на сжиженный природный газ в регионе присутствует со стороны магистрального автотранспорта и сельскохозяйственной техники.

По прогнозам специалистов «Газпром газомоторное топливо», общее потребление СПГ в республике к 2030 году может составить 39 тыс. т, однако логистику поставок СПГ планируется организовать таким образом, чтобы на территории региона не создавать дополнительные производственные мощности.

Сегодня компания «Газпром газомоторное топливо» совместно с правительством республики прорабатывает Дорожную карту, в которой будут обозначены ключевые мероприятия по переводу регионального транспорта на природный газ.

## Сотрудничество с ОАО «КАМАЗ»

19 июня 2015 года на Международном экономическом форуме в Санкт-Петербурге «Газпром газомоторное топливо» и ОАО «КАМАЗ» подписали Дорожную карту. Компании

договорились о создании газомоторного логистического коридора по доставке автотранспортом на СПГ металлопроката Магнитогорского металлургического комбината на завод «КАМАЗ» в Набережных Челнах. В рамках реализации проекта «Газпром газомоторное топливо» к концу 2017 года выполнит проектирование и строительство сети КриоАЗС на обозначенном маршруте, а «КАМАЗ» в свою очередь проведет опытно-конструкторские работы и организует производство автотехники, работающей на сжиженном природном газе, а также создаст сервисную инфраструктуру для ее обслуживания.

По предварительным оценкам объем перевозимого груза составит 10 тыс. т в месяц, для чего компании понадобится не менее 70 автопоездов на СПГ. Оцениваемый ежегодный объем потребляемого СПГ превысит 2,2 тыс. т.

Реализуемый проект на маршруте Набережные Челны – Магнитогорск является импульсом к началу серийного производства в России техники, работающей на СПГ.

### Перспективные СПГ-проекты

Анализ спроса на сжиженный природный газ в субъектах РФ показал, что наибольшим потенциалом для развития соответствующей инфраструктуры имеют регионы, относящиеся к Кузнецкому, Центральному, Приволжскому, Северо-Западному, Южному, Приморскому, Тюменскому кластерам. Это обусловлено, прежде всего, тем, что в основу концепции развития российского рынка газомоторного топлива заложена идея формирования

федеральных и международных газомоторных коридоров.

Центральный кластер представляет интерес тем, что Москва и Московская область являются крупнейшими транспортно-логистическими центрами, которые расположены на пересечении ключевых автомагистралей. Создаваемая газомоторная инфраструктура в московском регионе будет предназначена, прежде всего, для магистрального грузового транспорта.

Через Южный кластер проходит федеральный транспортный коридор «Москва – Новороссийск», значимость которого обусловлена близостью к ряду стран черноморского региона, в том числе Турции. Эти страны отнесены к группе приоритетных для развития деятельности Группы Газпром в сегменте газомоторного топлива, в том числе в сегменте бункеровки сжиженного природного газа.

Таким образом, реализуемая сегодня Концепция развития рынка газомоторного топлива позволит создать газомоторные коридоры на следующих маршрутах: Выборг – Санкт-Петербург – Москва – Краснодар; Москва – Нижний Новгород – Казань – Оренбург – Казахстан; Москва – Нижний Новгород – Казань – Пермь – Екатеринбург – Омск – Новосибирск – Томск; Москва – Самара – Уфа – Челябинск – Курган – Омск. Это позволит объединить российскую карту газомоторных коридоров с формируемой газомоторной инфраструктурой на европейском и азиатском пространствах.

Управление внешних коммуникаций  
ООО «Газпром газомоторное топливо»

## Заседание научно-технического совета ОАО «Газпром»

В Казани состоялось заседание секции «Рациональное распределение и использование газа и других энергоресурсов» научно-технического совета ОАО «Газпром» по теме «Использование газомоторного топлива в сельском хозяйстве: перспективы и проблемы». Организатором мероприятия выступило ООО «Газпром газомоторное топливо».

В работе заседания приняли участие представители ООО «Газпром газомоторное топливо», дочерних предприятий ОАО «Газпром» и работники сельского хозяйства.



Заседание секции

С приветственным словом перед собравшимися выступил первый заместитель генерального директора ОАО «Газпром промгаз» и председатель секции Юрий Спектор.

В рамках мероприятия выступили следующие докладчики:

- заместитель министра сельского хозяйства РФ Валерий Гаевский (тема доклада «Внедрение сельскохозяйственной техники, использующей природный газ в качестве моторного топлива»);
- заместитель министра сельского хозяйства и продовольствия РТ по инженерно-технической политике Тальгат Тагирзянов (тема «Региональная поддержка внедрения газомоторного топлива в сельском хозяйстве»);
- главный инженер – первый заместитель генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо» Даниил Марченков (тема «Развитие газомоторной инфраструктуры ООО «Газпром газомоторное топливо» в сегменте «Сельское хозяйство»);
- начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Николай Лапушкин (тема «Эффективность перевода сельскохозяйственной техники на использование природного газа в качестве моторного топлива»);



- заместитель директора НТЦ «Магистральный транспорт газа» ОАО «Газпром промгаз» Александр Грайворонский (тема «Опыт разработки предложений по переводу транспорта и сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо в рамках генеральных схем газоснабжения и газификации регионов РФ и проектов малотоннажного производства СПГ»);

- заместитель исполнительного директора по взаимодействию с органами власти ООО «Агромашхолдинг» Тамерлан Казаков (тема «Разработка и создание перспективных образцов сельскохозяйственной техники, функционирующих на природном газе»);

- начальник инженерно-технического центра ООО «Газпром газомоторное топливо» Максим Шикунец (тема «Технические решения топливоснабжения сельскохозяйственной техники. Особенности и задачи»);

хозяйственной техники. Особенности и задачи»);

- начальник управления Государственного научного центра РФ по автомобильной технике ФГУП «Научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ)» Владислав Лукшо (тема «Современное состояние нормативно-технической базы, касающееся газобаллонного оборудования и установки его на колесные ТС»).

От компании «РариТЭК» с докладом «Развитие сервисных центров и центров технического обслуживания газоиспользующей техники в сельском хозяйстве» выступил заместитель генерального директора по развитию и сервису Валерий Белов. Он отметил, что ежегодное

Доклад Валерия Белова  
«Развитие сервиса ГБА КАМАЗ»

увеличение парков автомобилей и автобусов, работающих на природном газе, требует качественного сервисного обслуживания, специализированного оборудования, запчастей для газовых автомобилей и обучения сотрудников. Газомоторная техника, как и любая другая, нуждается в качественном ее сопровождении. Компания «РариТЭК» совместно с ОАО «КАМАЗ» предоставляет все необходимое для этого, а именно – полный комплекс обслуживания техники, в том числе с помощью передвижных авторемонтных бригад, оборудование и инструменты для сервисных центров, сертифицированные запчасти к ГБО и комплексное обучение эксплуатации газомоторных автомобилей КАМАЗ.

Опытом использования природного газа в качестве моторного топлива в сельском хозяйстве поделились представители ООО «Тепличный комбинат «Майский» и КФХ «Белоглазова».

На открытой площадке «РариТЭК» презентовал участникам встречи следующие образцы газомоторной техники КАМАЗ, работающей на природном газе:

- **Зерновоз 68902С на шасси КАМАЗ-65117-32 (6×4).** Оснащен цельнометаллической платформой коробчатого типа объемом 29,7 м<sup>3</sup>. Нижние боковые борта – подвижные, открываются с верхней и нижней навеской на 120 градусов. Средние борта с верхней навеской открываются только при открывании нижних бортов на нижней навеске. Зерновоз оснащен съемным каркасом и тентом.



Для удобства сматывания и разматывания тента на борту установлена площадка с лестницей. Сердцем автомобиля является турбированный газовый мотор (Евро-4), мощностью 220 кВт.

- **Автоцистерна АЦПТ-7,5-43253PG на газомоторном шасси КАМАЗ-43253 (4×2).** Используется для транспортировки и кратковременного хранения пищевых жидкостей (вода, молоко, спиртосодержащие жидкости, квас и спирт) и состоит из двух отсеков. Цистерна, объемом 7,5 м<sup>3</sup>, выполнена из двух слоев: внутреннего и внешнего из нержавеющей стали. Пространство между ними заполнено термоизолирующим материалом, который позволяет сохранить нормальную температуру и избежать преждевременной порчи продуктов. Это особенно важно для перевозки молока на большие расстояния. В движение автомобиль приводит турбированный двигатель (Евро-5), мощностью 156 кВт.

- **Седелный тягач КАМАЗ-65116-34 (6×4).** Оснащен турбированным газовым двигателем мощностью 220 кВт стандарта Евро-4, с электромагнитным дозатором и распределенным впрыском. Тягач агрегируется с полуприцепом полной массой 30 тыс. кг. Полная масса автопоезда составляет 38,8 тыс. кг. Сцепка с прицепом осуществляется с помощью литого седельно-сцепного устройства с двумя степенями свободы. Система питания состоит 13 баллонов по 80 л. Объем заправляемого газа составляет 208 м<sup>3</sup>.

- **Изотермический фургон на газомоторном шасси КАМАЗ-65117-32 (6×4).** Используется для транспортировки и временного хранения овощей и фруктов. В движение автомобиль приводит работающий на природном газе двигатель мощностью 220 кВт, Евро-4.



Экспозиция газовой техники

### Справка

Научно-технический совет ОАО «Газпром» является совещательным органом и предназначен для выработки предложений и рекомендаций по вопросам, связанным с формированием и реализацией инновационной и научно-технической политики Общества, а также с решением комплексных задач научно-производственного характера. Совет состоит из бюро и секций. В составе каждой секции может быть не более 20 членов.

## Общее годовое собрание членов Национальной газомоторной ассоциации

25 июня 2015 г. в конференц-центре ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоялось Общее годовое собрание членов Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация» (НП «НГА»).



На собрании был заслушан годовой отчет о деятельности ассоциации в 2014 году, который представил собравшимся исполнительный директор НГА С.В. Люгай, бухгалтерский баланс и заключение ревизора.

Как отметил Станислав Владимирович, на сегодняшний день общее число фактических членов и партнеров ассоциации на момент отчета составляет 54 (на момент проведения общего собрания в прошлом году в членах НГА состояли 44 организации). Среди членов ассоциации – предприятия и организации из России, Республики Беларусь и Германии.

Деятельность партнерства в отчетном периоде осуществлялась в соответствии с основными направлениями, утвержденными Общим собранием 26 июня 2014 г.:

- Продолжен выпуск научно-технического журнала «Транспорт на



Станислав Владимирович Люгай

альтернативном топливе» и новостей по вопросам производства и использования газовых видов моторного топлива на сайте НП «НГА».

- 31 июля 2014 года в Москве состоялось совещание по вопросам развития инфраструктуры криогенных заправочных

станций, в котором приняли участие директора ведущих отечественных компаний-производителей оборудования для сжиженного природного газа. Организаторами совещания выступили НГА, ООО «Газпром газомоторное топливо» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

- 7-10 октября 2014 года состоялся Петербургский международный газовый форум – 2014, НГА оказала поддержку, а журнал «Транспорт на альтернативном топливе» выступил информационным партнером. В рамках Форума состоялась 1-я международная специализированная выставка «Газомоторное топливо», где НГА приняла участие в качестве экспонента.

- В период 7-31 октября 2014 года при участии членов совета НП «НГА» был проведен 8-й автопробег газовых автомобилей «Голубой коридор: 2014» по маршруту Санкт-Петербург – Тарту – Рига – Вильнюс – Варшава – Познань – Нюрнберг – Инсбрук – Милан – Загреб – Белград – Будапешт – Люблин – Минск – Москва. А с 24 мая по 11 июня 2015 года состоялся 9-й автопробег газовых автомобилей «Голубой коридор – 2015: Тур Эйфеля» при участии членов совета НП «НГА» (см. репортаж в конце номера – прим. редакции). По маршруту были проведены круглые столы с участием производителей автомобилей и органов местного управления.

- 28-30 октября 2014 года прошел фокус-день «Рынок газомоторного топлива в России и СНГ» в рамках международной конференции «Монетизация газа в России и СНГ», модератором которой стал исполнительный директор НГА С.В. Люгай.

- 27 ноября 2014 года НГА выступила информационным партнером и приняла участие в Международном форуме института Адама Смита «Автотранспорт на газомоторном топливе в России».

- Также ассоциация приняла участие в следующих мероприятиях: 12-й специализированной международной

выставке GasSuf–2014; 21-й Московской международной выставке «Автокомплекс 2014»; 2-м международном форуме «Автотранспорт на газомоторном топливе в России»; 3-й международной конференции «СУГ»; 2-й международной конференции «СПГ»; 2-й международной конференции «КПГ». На данных мероприятиях НГА провела круглые столы.

- Члены НГА принимали участие в подготовке конкретных предложений по внесению изменений в законодательство Российской Федерации в сфере газомоторного топлива в составе Рабочей группы по вопросам использования природного газа в качестве моторного топлива при Правительственной комиссии по вопросам ТЭК, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности экономики и в составе Рабочей группы ОАО «Газпром» по реализации распоряжения Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. № 767-р и перечня поручений Президента Российской Федерации.

- Осуществлена разработка предложений в проект ведомственного постановления Роспотребнадзора «О внесении изменений № 4 в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

- Велась разработка предложений в техническое задание на доработку проекта свода правил «Станции автомобильные заправочные. Правила пожарной безопасности» (утвержден МЧС России 05.05.2014 г.).

- Подготовлены предложения в Проект федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" и Федеральный закон "Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте"».

- Проводилась работа по утвержде-

дению и разработке первоочередных национальных стандартов (ГОСТ Р), стандартов ОАО «Газпром» (СТО).

- Подготовлены следующие предложения: по разработке проекта технического регламента Таможенного союза, устанавливающего требования безопасности к объектам инфраструктуры; по внесению изменений в Санитарные нормы и правила в части классификации объектов газозаправочной инфраструктуры КПП и СПГ; по внесению изменений в законодательство Российской Федерации в сфере газомоторного топлива.

- Организованы и проведены: второй научно-практический семинар «Потребительский рынок газомоторного топлива: состояние, проблемы и пути их решения» (декабрь 2014 г., ООО «Газпром ВНИИГАЗ») и третий научно-практический семинар «Развитие газомоторной инфраструктуры: состояние, опыт и перспективы» (май 2015 г., ОАО «Газпром»).

По завершении отчета о деятельности НГА состоялось избрание совета партнерства, в состав которого вошли девять представителей членов ассоциации:



Пронин Евгений Павлович

- Аннюк Дмитрий Михайлович, заместитель генерального директора по реализации газа ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», Республика Беларусь;

- Ахметшин Альберт Юнусович, генеральный директор ОАО «Удмуртавтотранс», РФ;

- Гайдт Давид Давидович, генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», РФ;

- Дмитриев Михаил Сергеевич,

директор по развитию розничной сети ОАО «Газпром газэнергосеть», РФ;

- Комбаров Валерий Алексеевич, заместитель директора филиала «Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.», РФ;

- Люгай Станислав Владимирович, директор Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», исполнительный директор НП «Национальная газомоторная ассоциация», РФ;

- Марченков Даниил Вениаминович, главный инженер – первый заместитель генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо», РФ;

- Пронин Евгений Павлович, директор по газомоторной технике и диверсификации ОАО «КАМАЗ», РФ;

- Шуманн Андре, начальник департамента Э. ОН Глобал Коммодитиз SE, Германия.

Избран ревизор партнерства, утверждены изменения в Устав партнерства, также принято решение о заключении соглашений с НП «Российское газовое общество» и Испанской газомоторной ассоциацией GASNAM (Spanish Association of Natural Gas for Mobility).

Общее годовое собрание одобрило и утвердило Основные направления деятельности Партнерства в 2015-2016 гг.

Председателем совета НП «Национальная газомоторная ассоциация» единогласно избран генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» Давид Давидович Гайдт.



Давид Давидович Гайдт

# Импортозамещение в строительстве АГНКС

*Примеры реализации в решениях  
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»*

13

Д.Б. Цудиков, генеральный директор ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»

НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» работает на рынке газомоторного топлива с 2000 г. За это время деятельность компании прошла путь развития от реновации автоматики для АГНКС советской постройки до проектирования и строительства новых станций под ключ, включая производство технологического оборудования. Компания сотрудничала с большинством дочерних обществ Газпрома, имеющих на балансе АГНКС, а также и с частными заказчиками.

**Ключевые слова:**

природный газ, газомоторное топливо, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС).

**П**олитика импортозамещения и перспективы ее развития вызывают немало вопросов. С одной стороны, она стала настоящим политическим и экономическим вызовом со множеством сдерживающих факторов, с другой – позволила открыть качественно иные перспективы развития газомоторной инфраструктуры. ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» имеет реальный и вполне успешный опыт ее осуществления в области строительства АГНКС.

Реализацию политики импортозамещения сдерживает ряд объективных факторов:

- технологическое отставание российской промышленности в сфере производства газовых компрессоров, запорной арматуры, трубной обвязки;
- отсутствие протекционистской политики государства и соответствующей законодательной базы;
- сложность привлечения кредитных средств;
- проблемы прогнозирования спроса на продукцию.

Несмотря на существующие сложности, есть и ряд факторов, способствующих развитию отрасли в данном направлении:

- заявление правительства РФ о необходимости импортозамещения;
- заинтересованность иностранных компаний в локализации производственных и сервисных объектов;
- появление муниципального транспорта на газовом топливе.

## Импортозамещение в проектировании и строительстве АГНКС

Лидирующее положение в сфере автоматизации заправочных станций позволило компании уверенно перейти к проектированию и строительству новых АГНКС

и МАЗС. За последние три года был реализован ряд удачных региональных проектов по реконструкции и строительству АГНКС. Каждый из них стал очередным шагом в увеличении доли использования отечественного оборудования.

### *Реконструкция АГНКС в Махачкале (2012 г.)*

При реконструкции АГНКС в Махачкале (рис. 1) заказчиком была поставлена задача провести глубокую модернизацию АГНКС, максимально используя имеющееся оборудование станции. Работы на объекте были начаты в 2011 г. Доля отечественного оборудования в поставке составила 30 %.

На станции были установлены:

- блок осушки газа, газозаправочные колонки и система коммерческого учета газа производства московского НПО «Ротор»;
- расходомерный узел производства казанской компании «Ирвис»;
- силовое оборудование и щиты автоматики собственного производства НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА».

Первоначально проектом предусматривались к установке краны высокого давления фирмы «Гирас» (г. Москва). После их монтажа на трубопроводы и начала комплексных испытаний АГНКС началась череда отказов данных кранов. Все 17 кранов высокого давления на махачкалинской АГНКС были заменены на продукцию компании «Ярдос» (г. Москва), успешно применяемую и на других объектах строительства газозаправочных станций.

#### **30% ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

- Расходомерный узел – «Ирвис»
- Сепаратор газа – «Вертекс»
- Блок осушки газа – НПО «Ротор»
- САУ БО и СО –  
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»
- Краны высокого давления – «Ярдос»
- Газозаправочные колонки – НПО «Ротор»
- СКУГ – НПО «Ротор»



**Рис. 1.** АГНКС в Махачкале

### *Строительство МАЗС в Астрахани (2013 г.)*

Следующим проектом стала многотопливная автозаправочная станция (МАЗС) в Астрахани (рис. 2), которая явилась одной из первых таких станций в данном регионе. Сочетание АЗС и АГНКС потребовало установки системы коммерческого учета, способной осуществлять управление разнотопливными заправочными колонками.

Московская компания «Экспертек ИБС» предложила эффективное решение задачи, которое позволило соединить заправочные колонки жидкого моторного топлива, газозаправочные колонки и торговую точку в здании МАЗС в единую систему коммерческого учета, имеющую в своем составе два кассовых терминала, серверную станцию с функцией бэк-офиса, обеспечивающей возможность интеграции всех объектов заказчика в единую сеть.

#### 40% ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- Сепаратор газа – «Вертекс»
- Блок осушки газа – НПО «Ротор»
- САУ БО и СО –  
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»
- Краны высокого давления – «Ярдос»
- Блок входных кранов –  
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»
- Расходомерный узел –  
«ЭЛЬСТЕР Газэлектроника»
- Корректор объёма газа – «Логика»
- СКУТ с функцией бэк-офиса –  
«Экспертек ИБС»
- Блок аккумуляторов газа – «ВТГ»
- Система пожарной сигнализации –  
НПО «Спектрон»



Рис. 2. АГНКС в Астрахани

#### Строительство АГНКС в Грозном (2014 г.)

Работы по сооружению станции в Грозном (рис. 3) велись практически одновременно с реализацией проекта в Астрахани. Оба объекта получили еще одно принципиальное отличие от махачкалинского опыта – на них был установлен блок аккумуляторов газа с баллонами производства ижевской компании «ВТГ» (группа компаний «Газсервискомполит»).

Доля применяемого отечественного оборудования увеличилась до 40 %. Станции в Астрахани и Грозном существенно отличались от прежних реализованных проектов – на них было установлено оборудование, ранее не применявшееся на объектах, проектируемых компанией (см. выделенное зеленым на рис. 2 и 3).

#### Строительство АГНКС в г. Сухой Лог (2015 г.)

К настоящему моменту НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» получила положительное заключение Главгосэкспертизы на проектную документацию и уже приступила к реализации проекта АГНКС в г. Сухой Лог Свердловской области. По сравнению с предыдущими объектами станцию можно назвать новаторской – применены газозаправочные колонки собственной разработки и компрессорный модуль, созданный в партнерстве с итальянской компанией Fornovo Gas, поставщиком компрессорной установки.



### 40% ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- Сепаратор газа – «Вертекс»
- Блок осушки газа – НПО «Ротор»
- САУ БО и СО –  
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»
- Краны высокого давления – «Ярдос»
- Блок входных кранов –  
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»
- Расходомерный узел –  
«ЭЛЬСТЕР Газэлектроника»
- Корректор объёма газа – «Логика»
- СКУТ с функцией бэк-офиса –  
«Экспертек ИБС»
- Блок аккумуляторов газа – «ВТГ»
- Система пожарной сигнализации –  
НПО «Спектрон»



Рис. 3. АГНКС в Грозном

Принципиальное отличие также в том, что в компрессорном модуле размещается не только компрессор с его вспомогательным оборудованием, но и блок осушки газа компании «Сервисарм» (г. Нижняя Салда). Поскольку данный блок осушки устанавливается на выходе компрессора, то есть на высоком давлении, возникла задача защитить компрессор от негативного воздействия влажного газа. Она была решена совместно с итальянскими партнерами с помощью установки межступенчатых сепараторов, отделяющих капельную влагу из газа, что исключает возможность повреждения компрессора вследствие гидроудара.

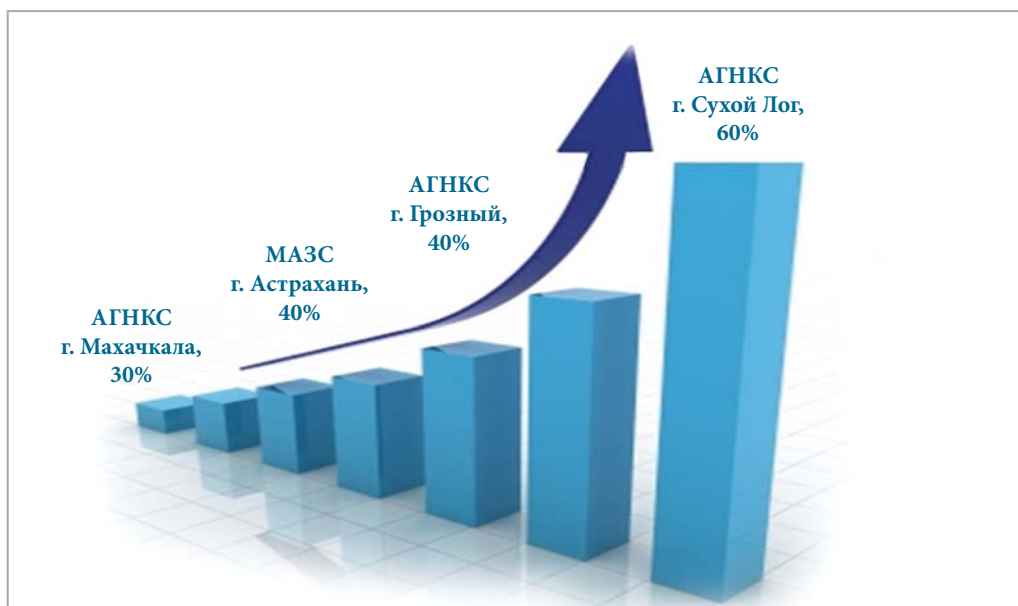
Модификация компрессорного модуля коснулась не только технологического оборудования, но и систем электропитания и автоматизации, что позволило выполнить комплексную автоматизацию всей АГНКС. Ранее это было невозможно, так как применяемые готовые модули производства Fornovo Gas уже имели в своем составе щит автоматики и силового оборудования. Установка компрессорного модуля качественно иной конструкции и внедрение комплексной автоматизации позволили не только увеличить долю оборудования отечественного производства на станции, но и обеспечили совместимость всей системы с русскоязычным оператором.

Еще одно важное отличие данного проекта заключается в том, что здесь впервые применены высокопроизводительные газозаправочные колонки собственного производства двух моделей: двухлинейные двухпостовые для заправки легкового и грузового автотранспорта; с повышенной производительностью (до 70 кг/мин) для заправки ПАГЗ. Применяется система коммерческого учета разработки компании «Топаз-Сервис» (г. Волгодонск).

Доля импортозамещения в проекте составила 60 %.

Динамика роста импортозамещения в решениях НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» (рис. 4) показывает стабильный рост с 30 до 60 % за последние три года. Однако эти цифры отражают только ситуацию с оборудованием заправочных станций. Если учесть данные по проектированию, монтажу, пусконаладочным работам, сервисному обслуживанию, то цифры будут выше. Так, начиная со строительства

грозненской станции, все пусконаладочные работы компрессоров мы ведем собственными силами, без привлечения иностранных специалистов.



**Рис. 4.** Динамика роста импортозамещения в решениях НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»

## Перспективы импортозамещения

Достичь более высокого уровня импортозамещения только силами одной компании крайне сложно. Значительно эффективнее решать задачу комплексно, объединив усилия нескольких компаний, имеющих разный профиль. Обладая собственным уникальным опытом, компетенциями, возможностями, совместными усилиями компании способны решить множество задач.

Поэтому на сегодняшний день можно говорить о сложившемся в отрасли многопрофильном альянсе компаний: «Газсервискомполит» имеет мощную производственную базу в нескольких городах России, позволяющую изготавливать практически весь спектр технологического оборудования; компания «Мелстон» обладает разветвленной сетью сервисных центров, имеет огромный опыт в строительстве АЗС (прежде всего для ОАО «Газпромнефть»); специалисты НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА» располагают глубокими знаниями оборудования и технологических процессов, опытом проектирования и строительства АГНКС; итальянская компания Fornovo Gas, являющаяся одним из партнеров альянса, в настоящее время рассматривает локализацию производства в России и проводит активную политику в этом направлении.

Перспективы импортозамещения в российской экономике практически безграничны. Не следует ждать, что полный переход на использование отечественного оборудования и комплектующих произойдет уже завтра. Как показал реальный опыт компании «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», значительно эффективнее придерживаться стратегии постепенной замены импортной продукции и внедрения «разумной» доли инноваций. Такой подход позволит успешно развивать газомоторную инфраструктуру, используя оборудование российских производителей.

# Развитие рынка КПП в регионах присутствия ЗАО «Газпромнефть – Альтернативное топливо»

Д.А. Колодяжный, генеральный директор ЗАО «Газпромнефть–Альтернативное топливо»

ЗАО «Газпромнефть – Альтернативное топливо» (ГПН–АТ) является структурным подразделением ОАО «Газпром нефть» для управления бизнесом по реализации КПП и активизации проектов строительства сети МАЗС с модулем КПП. Приказ о создании этого дочернего структурного подразделения был подписан в 2013 г. Розничная сеть ГПН–АТ состоит из 4 АГНКС, 3 МАЗС с модулем КПП и 5 АГНКС сторонних компаний-партнеров ГПН–АТ. Регионы присутствия ГПН–АТ: г. Санкт-Петербург, Тверь, Смоленск, Великий Новгород, Ленинградская область.

#### Ключевые слова:

природный газ, газомоторное топливо, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС).

**П**осле подписания председателем правительства РФ Д.А. Медведевым распоряжения № 767-р от 13.05.2013 г. о разработке комплекса мер по использованию природного газа в качестве моторного топлива развитие рынка газомоторного топлива получило новый импульс. Была создана специализированная компания ООО «Газпром газомоторное топливо», которая является единым оператором по развитию рынка газомоторного топлива в РФ (строительство АГНКС и модулей КПП на АЗС). Также в 2013 г. была создана компания ЗАО «Газпромнефть – Альтернативное топливо» (ГПН–АТ).

Цели и задачи ЗАО «ГПН–АТ»:

- развитие рынка потребления компримированного природного газа (КПП) на собственных АЗС и сети АЗС партнеров;
- развитие продаж КПП и инициация инвестиционных проектов по развитию газозаправочной инфраструктуры.

Партнером компании по инвестиционной деятельности является

ООО «Газпром газомоторное топливо». Компании взаимодействуют на основании подписанного с ОАО «Газпром нефть» Соглашения от 06.08.2013 г. В рамках данного сотрудничества была разработана «Стратегия развития сети МАЗС с модулем КПП на 371 АЗС компании «Газпром нефть» до 2025 г.», а также согласован инвестиционно-сетевой план размещения модулей КПП на АЗС компании «Газпром нефть» по 80 объектам в горизонте планирования 2014–2019 гг.

Подписаны соглашения о сотрудничестве по расширению использования природного газа со следующими субъектами РФ: Москва, Санкт-Петербург, Ленинградская, Свердловская, Ростовская области, Краснодарский край, республика Татарстан.

ГПН–АТ подготовило Стратегию развития сети МАЗС с КПП ОАО «Газпром нефть» на рынках РФ до 2025 г. с планом строительства первоочередных пилотных и перспективных объектов. В прошлом году введены в эксплуатацию 3 модуля КПП на МАЗС

в гг. Тосно, Тихвин, Сестрорецк.

В рамках работы по расширению использования КПП в 2014 г. были проведены следующие мероприятия:

- перевод в автобусном парке ОАО «Тверьавтотранс» 10 % общего числа автобусов на КПП;

- получение МУП «Автоколонна 1308» (г. Смоленск) государственных субсидий в размере 15 млн руб. на приобретение 12 автобусов на КПП (Постановление Правительства РФ от 27.11.2014 г. № 2354-р);

- организация работы с автопроизводителями ООО «Ивеко Россия», ЗАО «Вольво Восток», ООО «Русские машины» (Группа ГАЗ, ПАЗ, ЛиАЗ), ООО «Скания-Рус», ООО «Сторк», ООО «РариТЭК» по синхронизации усилий в развитии рынка КПП, проведение бесплатной тестовой эксплуатации тягачей «Вольво», автобусов «Ютонг», ПАЗ, микроавтобусов «Ивеко» на базе корпоративных клиентов газомоторной техники;

- в условия конкурсов на пассажирские перевозки в Твери и Смоленске включены критерии о КПП;

- в рамках трехстороннего сотрудничества (ГПН-АТ, Группа ГАЗ, ФГУП «Почта России») проводится тестовая эксплуатация четырех «Газелей» на КПП в смоленском и новгородском отделениях ФГУП «Почта России»; по итогам эксперимента будет приниматься решение о переводе почтового транспорта на газомоторное топливо.

Благодаря проведенным мероприятиям рост продаж КПП в 2014 г. в сети ГПН-АТ составил 20 % по сравнению с предыдущим годом.

В период с сентября 2013 г. по декабрь 2014 г. ГПН-АТ реализовало в регионах своего присутствия маркетинговые акции по стимулированию использования КПП на коммерческом, муниципальном и личном транспорте в качестве альтернативного вида топлива. По условиям маркетинговой акции ГПН-АТ устанавливало за свой счет ГБО на транспорт корпоративных клиентов в обмен на ежемесячную выборку газа на АГНКС ГПН-АТ. Физические лица приобретали ГБО за свой счет, но со скидкой от ГПН-АТ. В результате

проведения акций было установлено 376 комплектов ГБО для корпоративных клиентов и физических лиц.

Также проведены опросы владельцев транспорта на КПП для определения перспектив развития (рис. 1-3), сформированы эффективные маркетинговые инструменты для продвижения КПП.



Рис. 1. Тип автомобилей, переоборудованных на КПП

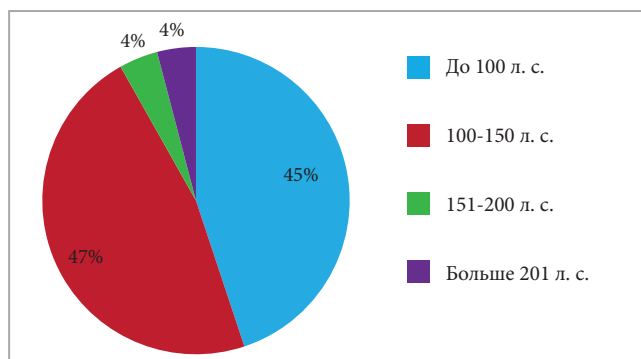


Рис. 2. Мощность переведенных автомобилей

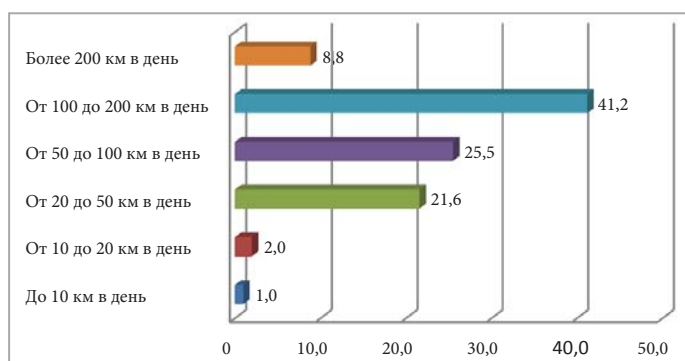


Рис. 3. Средний ежедневный пробег автомобилей привлеченных клиентов

## Особенности опыта проектирования и строительства объектов газомоторной инфраструктуры в Северо-Кавказском регионе

**Р.Р. Магомедов**, финансовый директор ООО «ГазТех»

Инжиниринговая компания ООО «ГазТех» основана в 2008 г. группой инженеров в области переработки газа, которые имели опыт профильных работ в крупнейших мировых компаниях таких как Total, Petronas, Газпром. В настоящее время компания занимается разработкой, проектированием, изготовлением и монтажом оборудования для переработки природного и попутного нефтяного газа в нефтегазовой сфере.

**Ключевые слова:**

природный газ, газомоторное топливо, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС).

**О**сновные направления деятельности нашей компании:

- проектирование, комплектная поставка оборудования, монтаж абсорбционных и адсорбционных систем осушки газа;
- проектирование, производство и поставка оборудования АГНКС;
- другие инженерные работы в нефтегазовой отрасли по техническому заданию заказчика.

Идея участия в строительстве АГНКС была частной инициативой как производной от основной заявленной деятельности – осушки и очистки газа, являющихся основным этапом в подготовке газа перед компримированием.

Строительство первых АГНКС стало частью государственной программы перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо (ГМТ). Под эту программу ООО «ГазТех» смогло на лизинговой основе взять кредит в РоссельхозБанке и приобрело две АГНКС,

которые были смонтированы в Махачкале и Хасавюрте. По нашим сведениям, это единственные АГНКС, построенные в рамках этой программы. Опыт строительства АГНКС показал, что проблеме внедрения ГМТ на рынок традиционного топлива надо решать комплексно, одновременно с формированием рынка сбыта.

Специалисты ООО «ГазТех» строили АГНКС и одновременно организовывали пункты переоборудования автомобилей для работы на ГМТ, для чего закупили партию комплектов газобаллонного оборудования (ГБО) и обучили персонал этой сфере деятельности. В первую очередь мы ориентировались на частных перевозчиков – владельцев грузопассажирского транспорта на базе автомобилей типа «Газель», что обусловлено особенностями рынка перевозок в Северо-Кавказском регионе. Были установлены минимальные цены на комплекты ГБО и отпускаемый газ (несколько ниже, чем на АГНКС Газпрома).



АГНКС Би-132 в Махачкале (построена в 2010 г.)



АГНКС DA 300 в Грозном (построена в 2012 г.)



АГНКС DA-300 в Гудермесе (построена в 2013 г.)

Переоборудование проводили за свой счет, а ГБО сдавали в аренду владельцу автотехники по договору (собственник ГБО – компания). Таким образом, 100%-ную загрузку станции обеспечили в течение 6...8 месяцев.

Первые две станции были куплены на Урале. Однако с учетом опыта и наработки в сфере основной деятельности по осушке и очистке газа и приходом в компанию главного конструктора, который был одним из основных идеологов и разработчиков блочно-модульного направления АГНКС, мы пришли к идее самостоятельной разработки и производства АГНКС на собственной производственной базе, где выполняется комплектация АГНКС.

Всего нашей компанией в Северо-Кавказском регионе построено семь АГНКС, что обусловлено однородностью подвижного состава, прогнозируемой загруженностью основных автомагистралей, возможностью анализа перспективных маршрутов грузо- и пассажиропотоков. Это, в свою очередь, позволило с минимальной погрешностью прогнозировать проектную мощность станций и определять перспективу максимальной загруженности возводимых АГНКС.

Свою роль в привлекательности коммерческих проектов по строительству АГНКС сыграл и такой немаловажный фактор, как достаточно быстрое согласование проекта АГНКС. Не секрет, что в разных регионах России на согласование проекта уходят иногда не только месяцы, но и годы.

Нашими специалистами осуществляются работы по поставке АГНКС в российские регионы в рамках инвестиционных проектов, для чего предварительно ведется проработка согласования землеотвода и подключения к газовым и электросетям. Однако до сих пор очень непросто преодолевать эти проблемы.

В настоящее время ООО «ГазТех»

находится в стадии становления. Определен модельный ряд АГНКС, разработаны технологические схемы и конструкторские документации станций, что позволяет в кратчайшие сроки скомплектовать и изготовить станцию, максимально удовлетворяющую требованиям заказчика. Организовано производство, найдены поставщики комплектующих, налажена кооперация. Получены все разрешительные документы, необходимые для производства и поставки АГНКС.

Также организована сервисная служба по гарантийному и послегарантийному обслуживанию станций.

Наша компания имеет прямые контакты, а наши специалисты прошли обучение у основных поставщиков зарубежного компрессорного оборудования – SAFE и FORNOVAGAS (Италия), LMF (Австрия).

Развитие и строительство АГНКС в РФ ставит перед производителями данного оборудования все новые и новые требования, особенно в условиях антироссийских санкций со стороны Запада, что должно стимулировать российские предприятия топливно-энергетического комплекса (ТЭК) применять оборудование отечественных производителей, предоставляя им более гибкие и выгодные формы подачи документов на тендер и оплаты поставленного товара, при этом вполне справедливо предъявляя повышенные требования к качеству, надежности и безопасности.

В рамках стимулирования отечественных предприятий мы наладили сотрудничество с ООО Объединение «Компрессор» (г. Пенза). Также наше предприятие может оснастить АГНКС и компрессорами других отечественных и зарубежных производителей. Например, мы имеем опыт работы с компрессорами компаний «Шельф» и Magellan (Аргентина). Есть договоренность с одной китайской компанией

о совместном производстве в России газозаправочных колонок.

Что касается газозаправочных колонок, то компания проводит работы по аттестации своего расходомера, который позволит значительно снизить стоимость колонки.

Если говорить в целом о развитии сети АГНКС, то накопленный опыт в этой области говорит о том, что указанную проблему централизованно в России не решить.

В 80-е годы прошлого века была построена сеть АГНКС более чем из 200 станций, производительность которых была в основном 500 заправок в сутки. Станции были расположены за пределами городской черты, что не способствовало широкому использованию ГМТ на транспорте. Итог известен – массового перевода транспорта на газомоторное топливо не произошло.

В 2007 г. Газпромом была принята целевая комплексная программа «Развитие газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе, на 2007-2015 годы», направленная на развитие инфраструктуры АГНКС и увеличение числа автомобильной и сельскохозяйственной техники, работающей на компримированном природном газе. В соответствии с программой в 2007-2015 гг. предусматривался ввод в эксплуатацию 200 новых АГНКС и 90 передвижных автогазозаправщиков в 47 субъектах Российской Федерации. Планировалось к 2015 г. удвоить российский парк автомобилей, работающих на природном газе, создать 1700 новых рабочих мест и сократить суммарные выбросы вредных веществ в атмосферу на 1 млн условных тонн (в пересчете на CO<sub>2</sub>).

Все эти меры не привели к существенному росту числа газомоторной техники.

По нашему мнению (а мы не первый год работаем в этой области),

в сложившейся ситуации необходима разветвленная сеть небольших АГНКС, расположенных на расстоянии около 50...80 км друг от друга. Так, между прочим, развивалась сеть СУГ, и сейчас практически нет проблем с заправкой пропан-бутаном. Необходимо формирование таких условий, чтобы данное направление стало сферой интересов малого и среднего частного бизнеса. Надо всячески стимулировать частный и малый бизнес, помогать в части выделения лимитов на газ и подключения к газовым сетям, содействовать с получением землеотвода (не секрет, что в настоящий момент это один из самых труднопреодолимых моментов в деле строительства АГНКС). Только в этом случае можно будет рассчитывать на дальнейшее эффективное развитие рынка газомоторного топлива в России.

Правительство РФ планирует сделать один из необходимых шагов – исключить работающие с природным газом автозаправочные станции из перечня опасных производственных объектов. Этот законопроект, как полагают в правительстве и мы с этим согласны, направлен на «создание благоприятных условий для использования природного газа в качестве моторного топлива, в том числе развитие широкой сети газозаправочных комплексов, обеспечение экологической и энергетической безопасности, энергосбережение и повышение бюджетной эффективности, снижение себестоимости товаров и услуг, прежде всего, в социально значимых отраслях, создание новых рабочих мест».

Все эти меры позволят трансформировать частные инициативы отдельных компаний в полноценно действующий рынок ГМТ в рамках диверсификации рынка потребления природного газа.



# Особенности применения дожимных компрессоров на ПАГЗ

**И.Р. Ганиев**, исполнительный директор ООО Объединение «Компрессор»

Рассмотрены вопросы заправки автотранспорта от передвижных автомобильных газовых заправщиков с бескомпрессорной схемой, имеющих в своем составе дожимной компрессор. Показана зависимость степени опорожнения баллонов ПАГЗа от его конструктивного выполнения. Дано описание различных технологий заправки транспортных средств. Приведены расчетные формулы коэффициента опорожнения баллонов ПАГЗа. Для увеличения полезного пространства ПАГЗа и при этом его полного опорожнения предложено использовать мобильную (на прицепном шасси) или стационарную блочную АГНКС, которая сначала заправляет автомобили от ПАГЗа, попутно наполняя свой штатный блок аккумуляторов, которые после опорожнения емкостей ПАГЗа отключаются, после чего заправка автомобилей продолжается в автономном режиме из аккумулятора АГНКС. Приведена эффективность различных типов ПАГЗов. Приведен опыт применения компрессоров 2ГУ2-0,1/30/200-250У2 и 2ГУ2-0,05/20/200-250У2 производства ООО Объединение «Компрессор» (г. Пенза).

**Ключевые слова:**

ПАГЗ, АГНКС, компрессор, компримированный природный газ.

**П**рименение природного газа в качестве моторного топлива ставит перед поставщиками задачу беспрепятственного доступа к нему потребителя, для этого должна существовать развитая инфраструктура по доставке компримированного природного газа (КПГ). В случае, когда потребители находятся на расстоянии 20 км и более от ближайшей АГНКС, рентабельнее и гораздо удобнее доставлять газ передвижными автогазозаправщиками (ПАГЗ).

Особенность заправки автомобилей ПАГЗом заключается в том, что газ, находящийся в емкостях под избыточным давлением в 25 МПа, самотеком перетекает в емкость автотранспортного средства с низким (от 0 до 20 МПа) давлением. При этом возникает проблема: когда давление в емкостях ПАГЗа падает ниже 20 МПа, заправка автомобиля

до 20 МПа уже невозможна, при том что емкости до конца не опустошены.

Повышения степени опорожнения емкостей ПАГЗа добиваются следующими способами.

- Делят ПАГЗ на 3-4 секции, их объем разный – каждая последующая секция в 2-3 раза меньше предыдущей. Заправка автомобиля проводится поочередно из каждой емкости до тех пор, пока давление в автомобиле не достигнет требуемого значения, степень опорожнения при этом зависит от числа секций, но как показывает практика – не превышает 60 %.

- На раму ПАГЗа может быть установлен дожимной компрессор с приводом от вала отбора мощности, газового двигателя внутреннего сгорания или же, как это уже давно принято, от электродвигателя с прямым приводом или через ременную передачу. Компрессорная

установка предназначена для поочередного перекачивания газа из предыдущей секции в следующую. Таким способом опорожнение достигает 80 %, но компрессорная установка съедает часть полезного пространства полуприцепа – около 15 %.

- Для 95%-ного опорожнения баллонов ПАГЗа технологически обеспечивается возможность прямой заправки автомобиля компрессором из последней емкости.

Коэффициент использования газа при бескомпрессорной заправке определяется по следующей формуле:

$$\eta = \frac{N \sum V_6 \left( \frac{P_{6 \max}}{Z_{6 \max}} - \frac{P_{6 \min}}{Z_{6 \min}} \right)}{P_{\text{ак max}} \sum V_{\text{ак}} \frac{1}{Z_{\text{ак max}}}},$$

где  $P_{6 \max}$ ,  $P_{6 \min}$ ,  $P_{\text{ак max}}$  – давление заправки баллонов и первоначальное давление газа в аккумуляторах;  $Z_{6 \min}$ ,  $Z_{6 \max}$ ,  $Z_{\text{ак max}}$  – коэффициенты сжимаемости газа в баллонах и аккумуляторе;  $n$  – число направленных автомобилей.

$$\sum V_{\text{ак}} = \sum_{i=1}^3 (\sum V_{\text{ак}i}) = \text{const}.$$

Как уже было сказано ранее, привод компрессора может осуществляться как от электродвигателя, так и от вала отбора мощности через гидропривод или карданную передачу.

Принцип работы ПАГЗа с компрессором заключается в следующем. По мере опорожнения последней секции с давлением 25 МПа оператор проводит докачку в нее газа компрессором из первой, второй и третьей секций до тех пор, пока в каждой из них давление не достигнет 1,0...1,6 МПа. Затем с помощью компрессора происходит прямая заправка автомобиля газом из последней секции.

К дожимному компрессору для ПАГЗ предъявляют следующие требования:

- высокая производительность в широком диапазоне давлений;
- компактность – для увеличения

полезного объема под баллоны высокого давления;

- простота конструкции – для уменьшения массы компрессорной установки;
- возможность проведения регламентных работ и ремонта в полевых условиях;
- надежность;
- эксплуатация при температуре окружающей среды от –40 до 40 °С.

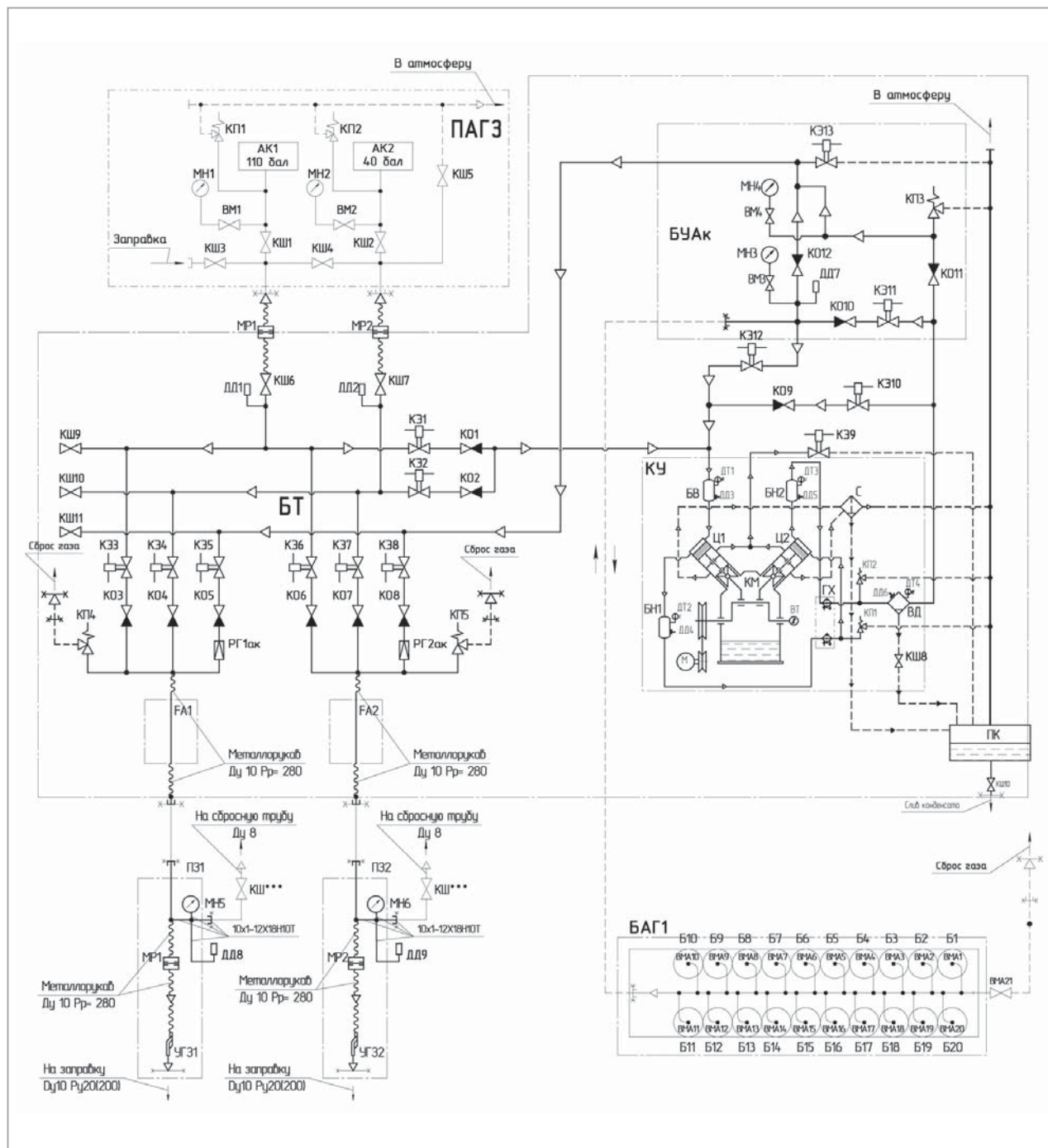
Опыт применения компрессоров 2ГУ2-0,1/30/200-250У2 и 2ГУ2-0,05/20/200-250У2 производства ООО Объединение «Компрессор» (г. Пенза) показал, что они наиболее подходят для работы в составе ПАГЗ по следующим характеристикам и конструктивным особенностям:

- отсутствие жидкостной системы охлаждения (применено воздушное охлаждение газа, цилиндров и сальников) позволяет значительно уменьшить габариты и массу компрессорной установки, повысить надежность, исключить расходы, связанные с покупкой и заменой антифриза;

- использование фторопласта в качестве материала поршневых, направляющих и сальниковых колец, а также применение радиально-упорных шарикоподшипников вместо коренных и кривошипных подшипников скольжения позволили отказаться от сложной системы смазки этих узлов и значительно упростить конструкцию компрессорной установки;

- применение в парах шатун – шток и шток – поршень шарнирного соединения позволило повысить ресурс поршневых, направляющих и сальниковых колец компрессора.

Существует ряд особенностей при эксплуатации компрессоров. Исходя из суровых климатических условий эксплуатации в холодное время года следует применять масла с температурой застывания ниже –60 °С. Для пуска компрессора под нагрузкой следует разгружать сальники, а в случае, когда давление на входе компрессора превышает 10 МПа, следует дополнительно открыть байпас.



**Рис. 1.** Комплекс АГНКС – ПАГЗ – АГНКС:

БТ – блок технологический; КУ – установка компрессорная; БУАк – блок управления аккумулятором газа; БВ, БН1, БН2 – емкость буферная; ГХ – блок газоохладителей; ВД – маслоотделитель; КМ – компрессор; ПК – коллектор продувок; С – сепаратор; Ц1, Ц2 – цилиндры 1-й, 2-й ступени; ПЗ – пост заправочный; КП – клапан предохранительный; МН – манометр; ВМ – вентиль манометровый; КШ – кран шаровой штуцерный; КЭ – клапан электромагнитный; Р – металлорукав; КО – клапан обратный; ДД – отбор импульса для автоматического контроля давления; ДТ – отбор импульса для автоматического контроля температуры; РГ – редуктор газовый; FA1 – расходомер

Во избежание перегрузки компрессора следует контролировать разность давлений на входе и выходе, чтобы она не превышала определенного для данного компрессора значения. В последних поколениях компрессорных установок система автоматизации при достижении предельного значения отключает двигатель компрессора автоматически.

Опыт применения автоматической системы контроля управления и защиты (АСКУЗ) компрессора показал зависимость сложности построения логики автоматики от сложности технологической схемы компрессорной установки.

В объединении «Компрессор» была разработана концепция, которая должна повысить экономию при заправке автомобилей от передвижных автогазозаправщиков, – это комплекс АГНКС – ПАГЗ – АГНКС.

Для увеличения полезного пространства ПАГЗа и его полного опорожнения предложено использовать мобильную (на прицепном шасси) или стационарную блочную АГНКС (рис. 1), которая сначала заправляет автомобили от ПАГЗа, попутно наполняя свой штатный блок аккумуляторов, а после того как емкости ПАГЗа будут опорожнены, отключается от него и продолжает заправлять автомобили в автономном режиме из своего аккумулятора. В это время сам ПАГЗ отправляют на материнскую АГНКС для его наполнения.

На рис. 2 изображена 3D-модель блочной компрессорной установки для

работы с ПАГЗом. Габариты установки позволяют разместить ее на прицепе, а сворачиваемые в две бухты соединительные и силовые кабели размещаются в ящиках, предусмотренных внутри установки.

Сравнительные показатели четырех способов опорожнения ПАГЗа представлены в таблице.

Минимальное время включения компрессора ПАГЗа определяется из выражения

$$t_{\min} = \frac{V_{\text{ам}} D_1}{V_{\text{вк}} \left[ 1 - \frac{V_{\text{ам}} D_1}{2V_{\text{cl}}} \right]},$$

где  $V_{\text{ам}}$  – геометрический объем заправляемого автомобиля;  $V_{\text{вк}}$  – производительность компрессора при условиях

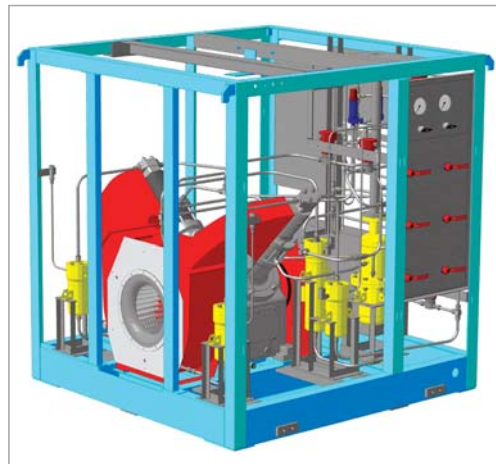


Рис. 2. 3D-модель блочной АГНКС для работы с ПАГЗом

### Сравнение четырех способов опорожнения ПАГЗа

Тип ПАГЗа	Степень опорожнения, %	Затраты энергии на площадке заправки без учета электроэнергии на основной АГНКС, Вт/м <sup>3</sup>	Степень использования полезного объема полуприцепа, %
4-секционный	60	–	60
4-секционный с КУ	85	23	67
4-секционный с КУ и возможностью прямой заправки автомобиля из последней секции	95	23	76,5
Комплекс АГНКС–ПАГЗ–АГНКС	95	23	95

всасывания;  $V_{c1}$  – объем секции ПАГЗ, к которой подключен компрессор;

$$D_1 = \frac{\rho_{ам}(V_{c1} + V_{ам})}{V_{c1} \rho_2 + V_{ам} \rho_{н ам}} - 1$$

– определитель исходного состояния при заправке, где  $\rho_{ам}$  – плотность при номинальном давлении;  $\rho_2$  – плотность газа при стандартных условиях;  $\rho_{н ам}$  – начальная плотность газа в баллонах заправляемого автомобиля.

Максимальное время работы компрессора при последних заках определяется из выражения

$$t_{max} = \frac{2V_{ам}(D_2 - 1)}{V_{вк} \left[ 1 + \frac{\rho_{вк} D_2}{\rho_{ам}} \right]}$$

где

$$D_2 = \frac{\rho_{ам}(V_{c2} + V_{ам})}{V_{c2} \rho_{вк} + V_{ам} \rho_{н ам}}$$

– определитель конечного состояния, где  $V_{c2}$  – объем последней секции ПАГЗ;  $\rho_{вк}$  – плотность газа при минимальном давлении всасывания компрессора.

При заправке баллонов автомобиля с последовательным подключением  $j$ -й секции ПАГЗа к заправляемому автомобилю в  $i$ -й зачке плотность газа в секции после зачки определяется по выражению

$$\rho_{ji} = \frac{\rho_{j(i-1)} V_n n_j + \rho_{(j-1)i} V_{ам}}{V_n n_j + V_{ам}}$$

где  $\rho_{j(i-1)}$  – плотность газа в  $j$ -й секции ПАГЗа после предыдущей зачки;  $V_n$  – объем одного баллона ПАГЗа;  $n_j$  – число баллонов в  $j$ -й секции;  $\rho_{(j-1)i}$  – плотность газа в предыдущей секции ПАГЗа.

Бескомпрессорные зачки продолжаются до понижения плотности газа в последней секции ПАГЗа менее  $\rho_{б ам}$ , после чего последующие зачки

происходят с применением компрессора. Общий коэффициент опорожнения ПАГЗа определяется из выражения

$$\eta_0 = \frac{m V_{ам} (\rho_{ам} - \rho_{н ам})}{\sum n_i V_n (\rho_2 - 0,7)}$$

где  $m$  – общее число зачек.

Характеристики различных типов ПАГЗ приведены на рис. 3.

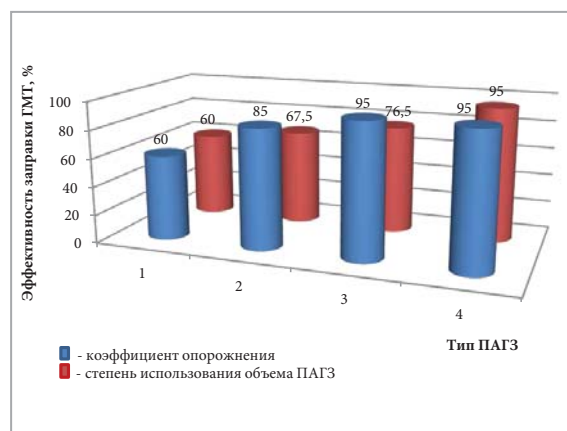


Рис. 3. Характеристики различных типов ПАГЗ

Наиболее выгодным и производительным является способ согласно концепции АГНКС–ПАГЗ–АГНКС: во-первых, степень опорожнения достигает 95 %, а во-вторых, стационарная компрессорная установка, которая могла бы занимать до 25 % полезного объема автогазозаправщика, повышает уровень использования его полезного объема до 95 %. Данный способ, несмотря на то, что является дорогостоящим, в долгосрочной перспективе позволяет повысить КПД работы передвижного автогазозаправщика по сравнению с тремя другими.

Тем не менее, такой способ имеет свой недостаток – это привязка дочерней АГНКС к конкретному месту заправки, в то время как три других способа относительно автономны и могут использоваться в полевых условиях.

# Метилловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив

**В.А. Марков**, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,  
**С.Н. Девянин**, профессор, зав. кафедрой МГАУ им. В.П. Горячкина, д.т.н.,  
**Е.А. Улюкина**, профессор, зав. кафедрой РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, д.т.н.,  
**Н.Н. Пуляев**, доцент кафедры РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, к.т.н.

В статье проведен анализ физико-химических свойств биодизельных топлив, полученных из различных сырьевых ресурсов. Проведены экспериментальные исследования показателей дизеля Д-245.12С, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла различного состава. Проведен анализ химической агрессивности метилового эфира подсолнечного масла к ряду конструкционных материалов.

#### Ключевые слова:

дизельный двигатель, дизельное топливо, биодизельное топливо, метилловый эфир подсолнечного масла, смесевое биотопливо, химическая агрессивность.

**С**окращение запасов нефтяных месторождений, повышение цен на нефть и нефтепродукты, острые экологические проблемы мегаполисов приводят к необходимости поиска замены традиционным нефтяным моторным топливам. Перспективны топлива, производимые из возобновляемых сырьевых ресурсов, в первую очередь – из сырья растительного происхождения [1, 2]. Применительно к дизелям все шире используются топлива, получаемые из различных растительных масел [3, 4]. Для централизованного снабжения мегаполисов моторными топливами в наибольшей степени подходят сложные эфиры растительных масел (их называют также биодизельным топливом) – они имеют физико-химические свойства, достаточно близкие к свойствам нефтяных дизельных топлив (ДТ). Кроме того, эти эфиры хорошо смешиваются

с нефтепродуктами с образованием стойких смесей.

Основой производства сложных эфиров растительных масел являются реакции этерификации, представляющие собой реакции взаимодействия жирных кислот растительных масел со спиртами. В общем случае получение эфиров из кислот может быть выражено уравнением химической реакции этерификации, представленным на рис. 1 [5]. При протекании данной реакции отделившийся от спирта атом водорода Н соединяется с гидроксильной группой ОН кислоты с образованием воды, а при взаимодействии оставшихся радикалов кислоты и спирта образуется эфир.

При этерификации жирных кислот растительных масел могут быть использованы различные спирты – метанол, этанол, пропанол, бутанол. Но наименьшая цена моторного топлива достигается

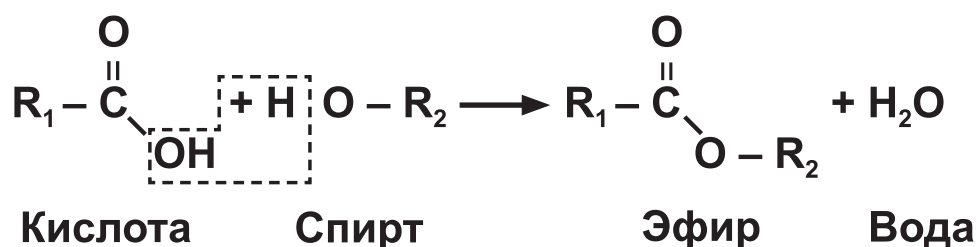


Рис. 1. Реакция этерификации кислоты спиртом с образованием эфира

при этерификации жирных кислот растительных масел метанолом.

В странах Евросоюза биодизельное топливо производится из различных растительных масел: около 84 % биодизельного топлива приходится на долю метилового эфира рапсового масла (МЭРМ), 13 % – на долю метилового эфира подсолнечного масла (МЭПМ), по 1 % – на сложные эфиры, производимые из соевого, пальмового и остальных масел [3].

В мировом производстве растительных масел ведущее место занимают соевое и рапсовое масла, а в России наиболее распространенным является подсолнечное масло (ПМ) (рис. 2) [3]. Объем его производства превышает 80 % общего объема производства растительных масел. Это растительное масло вызывает дополнительный интерес еще и потому, что биодизельное топливо может быть получено из отработанного фритюрного ПМ, используемого

в пищевой промышленности и системе общественного питания.

Производство биодизельных топлив из растительного сырья привлекательно тем, что позволяет ввести в оборот неиспользуемые плодородные земли, создать новые рабочие места и обеспечить достойную заработную плату в сельском хозяйстве. При комплексном использовании сельскохозяйственной продукции – одновременном производстве МЭПМ, глицерина и жмыха, являющегося ценным белковым продуктом и применяемого для откорма крупного рогатого скота, – цена биодизельного топлива становится соизмеримой с ценой нефтяных ДТ.

Характерной особенностью биодизельных топлив, производимых из растительных масел, является присутствие в их молекулах атомов кислорода (их содержание составляет 10...12 % по массе, у нефтяного ДТ – 0,4 %). Наличие этого кислорода благоприятно сказывается

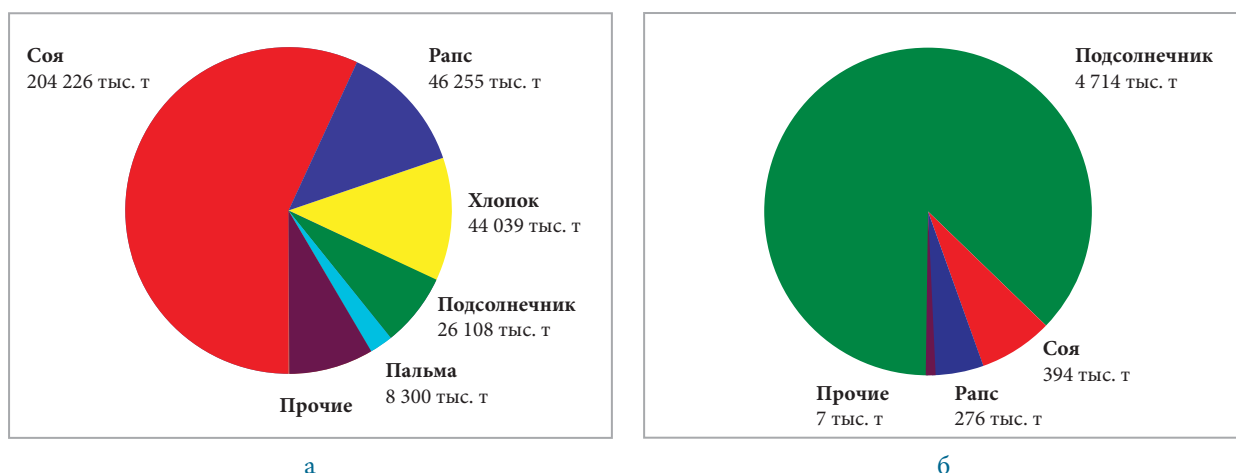


Рис. 2. Валовой сбор маслосемян в мире (а) и в России (б)

на процессе сгорания биодизельного топлива и позволяет уменьшить выбросы с отработавшими газами (ОГ) продуктов неполного сгорания. Практическое отсутствие в МЭПМ серы снижает выбросы в атмосферу ее оксидов (соединяясь с парами воды в атмосфере земли они способствуют возникновению кислотных дождей). Поскольку в МЭПМ отсутствуют и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), отмечено существенно меньшее содержание канцерогенных веществ (бенз(а)пирен и другие ПАУ) в ОГ дизелей, работающих на этом эфире.

Одним из основных преимуществ использования биотоплив является возможность сокращения выброса в атмосферу основного парникового газа – диоксида углерода (углекислый газ)  $\text{CO}_2$ . Это обусловлено тем, что при их сгорании, в частности, при сгорании МЭПМ, выделяется примерно такое же количество углекислого газа, которое было потреблено из атмосферы растением, являющимся исходным сырьем для производства ПМ, за весь период его жизни.

Возможность использования растительных масел и их эфиров в качестве моторного топлива предопределяется их физико-химическими свойствами. Жирные кислоты, являющиеся основным компонентом растительных масел, представляют собой высокомолекулярные кислородсодержащие соединения с углеводородным основанием. По своей химической структуре они схожи

с углеводородами, входящими в состав нефтяного ДТ. В свою очередь, структурные формулы метиловых эфиров жирных кислот и самих жирных кислот также достаточно близки. В качестве примера в табл. 1 приведены структурные формулы эруковой кислоты, ее метилового эфира и углеводорода, относящегося к классу алкадиенов [3]. Структура жирной кислоты отлична от структуры углеводорода замещением углеводородного радикала  $\text{CH}_3$  карбоксильной группой  $\text{COOH}$ . Структурные формулы углеводорода и эфира отличаются тем, что радикал  $\text{CH}_3$  замещен группой  $\text{COOCH}_3$ . Указанные особенности химической структуры жирных кислот и их эфиров обуславливают отличия физико-химических свойств биотоплив и традиционных ДТ.

Поскольку структурные формулы жирных кислот растительных масел и углеводородов ДТ подобны, все растительные масла являются горючими и могут применяться в качестве моторных топлив. Низкая испаряемость и высокая вязкость растительных масел исключают их использование в бензиновых двигателях, но они применяются в качестве топлива для дизелей. Этому способствуют сравнительно невысокая термическая стабильность масел и приемлемая температура их самовоспламенения, равная  $t_{\text{св}}=280\dots320$  °С и лишь немного превышающая температуру самовоспламенения нефтяного

Таблица 1

**Химическая формула эруковой кислоты, ее метилового эфира и углеводорода, относящегося к классу алкадиенов**

Вещество	Формула состава	Структурная формула
Кислота	$\text{C}_{22}\text{H}_{42}\text{O}_2$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{C}_{\text{OH}}^{\text{=O}}$
Эфир	$\text{C}_{23}\text{H}_{44}\text{O}_2$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{C}_{\text{OCH}_3}^{\text{=O}}$
Углеводород	$\text{C}_{23}\text{H}_{44}$	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_8-\text{CH}_3$



Таблица 2

## Физико-химические свойства растительных масел

Физико-химические свойства	Масла						
	рапсовое	подсолнечное	соевое	пальмовое	оливковое	хлопковое	арахисовое
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	916	923	924	918	914	919	917
Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с, при:							
20 °С	75,0	65,2	–	–	–	–	81,5
40 °С	36,0	30,7	32,0	–	–	–	36,5
100 °С	8,1	7,4	7,7	8,6	8,4	7,7	8,3
Цетановое число	36	33	50	49	–	–	37
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	12,6	11,1	–	–	–	–	11,2
Теплота сгорания низшая, H <sub>н</sub> , МДж/кг	37,3	37,0	36...39	37,1	–	–	37,0
Температура самовоспламенения, °С	318	320	318	315	285	316	–
Температура застывания, °С	–20	–16	–12	+30	–12	–18	–
Содержание серы, % (масс.)	0,002	–	–	–	–	–	–
Содержание, % по массе							
С	78,0	77,6	77,5	77,6	–	77,1	78,0
Н	10,0	11,5	11,5	12,0	–	11,7	12,3
О	12,0	10,9	11,0	11,4	–	11,2	9,7
Кислотность, мг КОН/100 мл топлива	4,66	2,14	0,03	0,17	5,90	0,23	–
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,40	0,51	0,44	–	0,20	0,23	–

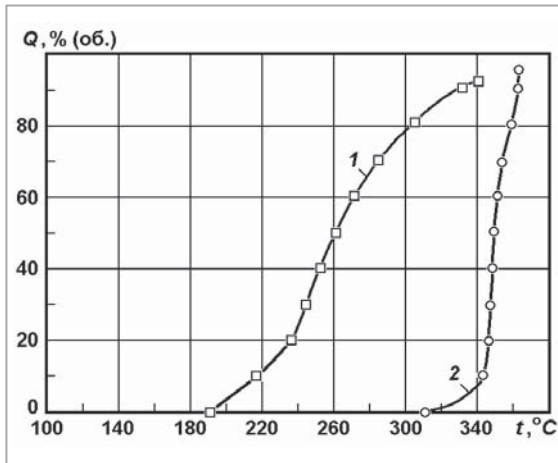
**Примечание:** «–» – свойства не определялись.

ДТ ( $t_{св}=230...300$  °С). При этом цетановое число (ЦЧ) различных растительных масел изменяется в пределах от 33 до 50 ед. (табл. 2), что сопоставимо с цетановым числом ДТ (ЦЧ=40...55) [3].

Отличительной особенностью МЭПМ является его более тяжелый фракционный состав (рис. 3, см. кривые фракционной разгонки этого эфира и базового ДТ) [6]. Если используемое в работе [6] базовое ДТ выкипает в пределах от 190 до 340 °С, то МЭПМ имеет диапазон температур перегонки от 310 до 360 °С. Поэтому МЭПМ отличается от ДТ заметно большими плотностью и вязкостью. Указанные отличия физических свойств МЭПМ, а также его

смесей с ДТ, от свойств стандартного ДТ оказывают влияние на параметры топливоподачи и, следовательно, на показатели топливной экономичности и токсичности ОГ дизеля, работающего на указанных топливах.

Известен ряд работ, посвященных исследованию дизелей, работающих на МЭПМ и его смесях с ДТ [6-8]. В работе [9] приведены результаты испытаний дизеля типа Д-245.12С (4ЧН 11/12,5) производства Минского моторного завода на нефтяном ДТ и смесях ДТ и МЭПМ, содержащих до 40 % (по объему) МЭПМ. Некоторые результаты этих исследований приведены ниже. В табл. 3 представлены параметры дизеля типа Д-245.12С.



**Рис. 3.** Зависимость количества испарившегося топлива от температуры разгонки:  
1 – базовое дизельное топливо; 2 – МЭПМ

Дизель исследован на моторном стенде АМО «Зил» на режимах внешней скоростной характеристики (ВСХ) и 13-ступенчатого испытательного цикла Правил 49 ЕЭК ООН с установочным УОВТ  $\theta=13^\circ$  поворота коленчатого вала

до ВМТ и неизменным положением упора дозирующей рейки ТНВД. Моторный стенд был оборудован комплектом измерительной аппаратуры. Дымность ОГ измерялась с помощью ручного дымомера МК-3 фирмы Hartridge (Великобритания) с погрешностью измерения  $\pm 1\%$ . Концентрации  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}$  в ОГ определялись газоанализатором SAE-7532 японской фирмы Yanaco с погрешностями измерения указанных компонентов  $\pm 1\%$ .

Исследовались нефтяное ДТ и его смеси с метиловым эфиром подсолнечного масла, содержащие от 5 до 40 % МЭПМ. Исследуемый МЭПМ был произведен во Всероссийском научно-исследовательском институте использования техники и нефтепродуктов Россельхозакадемии (ГНУ «ВНИИТиН», г. Тамбов). Некоторые физико-химические свойства нефтяного ДТ, МЭПМ и указанных смесей представлены в табл. 4.

Таблица 3

### Параметры дизеля Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5)

Параметры	Значение
Тип двигателя	Четырехтактный, рядный, дизельный
Число цилиндров	4
Диаметр цилиндра $D$ , мм	110
Ход поршня $S$ , мм	125
Общий рабочий объем $iV_p$ , л	4,32
Степень сжатия $\epsilon$	16,0
Система турбонадува	Турбокомпрессор ТКР-6 Борисовского завода автоагрегатов
Тип камеры сгорания, способ смесеобразования	Камера сгорания типа ЦНИДИ, объемно-пленочное смесеобразование
Система питания	Разделенного типа
Топливный насос высокого давления (ТНВД)	Рядный типа PP4M10U1f фирмы Motorpal с всережимным центробежным регулятором
Диаметр плунжеров ТНВД $d_{пл}$ , мм	10
Ход плунжеров ТНВД $h_{пл}$ , мм	10
Длина нагнетательных топливопроводов $L_p$ , мм	540
Форсунки	Типа ФДМ-22 производства ОАО «Куроаппаратура» (г. Вильнюс)
Распылители форсунок	Фирмы Motorpal типа DOP 119S534 с пятью сопловыми отверстиями диаметром $d_p=0,34$ мм и проходным сечением $\mu_p f_p=0,250$ мм <sup>2</sup>
Давление начала впрыскивания форсунок $p_\phi$ , МПа	21,5

Таблица 4

## Физико-химические свойства исследуемых топлив

Свойства	Топлива						
	ДТ	МЭПМ	95% ДТ+ 5% МЭПМ	90% ДТ+ 10% МЭПМ	85% ДТ+ 15% МЭПМ	80% ДТ+ 20% МЭПМ	60% ДТ+ 40% МЭПМ
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	830	886	832,8	835,6	838,4	841,2	852,4
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,8	7,0	4,0	4,2	4,3	4,4	5,0
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 200	42 200	41 900	41 700	41 400	40 400
Цетановое число	45	47	–	–	–	–	–
Температура помутнения, °С	–25	–13	–	–	–	–	–
Температура застывания, °С	–35	–17	–	–	–	–	–
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,30	12,53	14,23	14,11	14,03	13,96	13,59
Содержание, % по массе							
С	87,0	76,7	86,5	86,0	85,5	85,0	82,9
Н	12,6	12,2	12,6	12,5	12,5	12,5	12,4
О	0,4	11,1	0,9	1,5	2,0	2,5	4,7
Общее содержание серы, % по массе	0,20	0,002	0,19	0,18	0,17	0,16	0,12
Коксуемость 10%-ного остатка, % по массе	0,20	0,30	0,21	0,21	0,22	0,22	0,24

**Примечание:** «–» – свойства не определялись; для смесей указано объемное процентное содержание компонентов.

Таблица 5

## Показатели дизеля Д-245.12С, работающего на различных топливах

Показатели	Топлива						
	ДТ	95% ДТ+ 5% МЭПМ	90% ДТ+ 10% МЭПМ	85% ДТ+ 15% МЭПМ	80% ДТ+ 20% МЭПМ	60% ДТ+ 40% МЭПМ	
Часовой расход топлива $G_p$ , кг/ч							
на режиме максимальной мощности	19,23	19,20	19,49	19,47	19,71	20,07	
на режиме максимального крутящего момента	12,51	12,54	12,81	12,85	12,98	13,14	
Крутящий момент дизеля $M_e$ , Н·м							
на режиме максимальной мощности	310	306	313	307	309	311	
на режиме максимального крутящего момента	359	356	355	353	357	357	
Удельный эффективный расход топлива $g_e$ , г/(кВт·ч)							
на режиме максимальной мощности	246,6	249,8	247,8	252,6	254,0	257,0	
на режиме максимального крутящего момента	222,1	224,4	229,7	231,8	231,8	234,5	
Эффективный КПД дизеля $\eta_e$							
на режиме максимальной мощности	0,343	0,342	0,347	0,342	0,342	0,347	
на режиме максимального крутящего момента	0,381	0,380	0,374	0,372	0,375	0,380	
Дымность ОГ $K_d$ , % по шкале Хартриджа							
на режиме максимальной мощности	15,0	13,0	10,0	10,0	8,0	6,0	
на режиме максимального крутящего момента	36,0	37,0	36,0	35,0	34,0	25,0	
Интегральные на режимах 13-ступенчатого цикла							
эффективный расход топлива $g_{e,усл}$ , г/(кВт·ч)	241,32	250,40	251,31	252,75	255,07	258,49	
эффективный КПД $\eta_{e,усл}$	0,351	0,341	0,342	0,342	0,341	0,345	
Интегральные на режимах 13-ступенчатого цикла							
удельные массовые выбросы, г/(кВт·ч)							
оксидов азота $e_{NOx}$	5,948	5,905	5,894	5,724	5,718	5,742	
монооксида углерода $e_{CO}$	2,782	2,767	2,428	2,288	2,171	1,949	
несгоревших углеводородов $e_{CH}$	1,006	0,924	0,829	0,821	0,813	0,784	

На первом этапе исследований проведены испытания дизеля Д-245.12С на чистом ДТ и на смеси 80 % ДТ и 20 % МЭПМ на режимах ВСХ. Из-за наличия в молекулах МЭПМ атомов кислорода теплотворная способность смесевого биотоплива была несколько ниже теплотворной способности ДТ. Это привело к тому, что при переходе от ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % МЭПМ на режиме максимальной мощности с частотой вращения коленчатого вала  $n=2400$  мин<sup>-1</sup> удельный эффективный расход топлива  $g_e$  увеличился от 246,6 до 254,0 г/(кВт·ч), а на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500$  мин<sup>-1</sup> – от 221,1 до 231,8 г/(кВт·ч). Но при этом изменения эффективного КПД дизеля  $\eta_e$  на этих режимах не превышали 1,6 % (табл. 5).

Вместе с тем наличие в молекулах МЭПМ атомов кислорода привело к заметному уменьшению дымности ОГ при работе дизеля Д-245.12 на указанной смеси. Так, на режиме максимальной мощности при  $n=2400$  мин<sup>-1</sup> переход с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % МЭПМ (см. табл. 5) сопровождался снижением дымности ОГ  $K_x$  от 15,0 до 8,0 % по шкале Хартриджа, а на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500$  мин<sup>-1</sup> – от 36,0 до 34,0 % по той же шкале.

По полученным характеристикам содержания в ОГ нормируемых токсичных компонентов (оксидов азота NO<sub>x</sub>, монооксида углерода СО, негоревших углеводородов СН) с использованием общепринятых методик рассчитаны их интегральные удельные массовые выбросы на режимах 13-ступенчатого цикла (соответственно  $e_{NO_x}$ ,  $e_{CO}$ ,  $e_{CH}$ ). Оценка эксплуатационного расхода топлива на режимах 13-ступенчатого цикла проведена по среднему (условный) удельному эффективному расходу топлива, который определялся с использованием зависимости [3]:

$$g_{e\text{ усн}} = \frac{\sum_{i=1}^{13} G_{\tau i} K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_i},$$

где  $G_{\tau i}$  и  $N_{ei}$  – часовой расход топлива и эффективная мощность двигателя на  $i$ -м режиме.

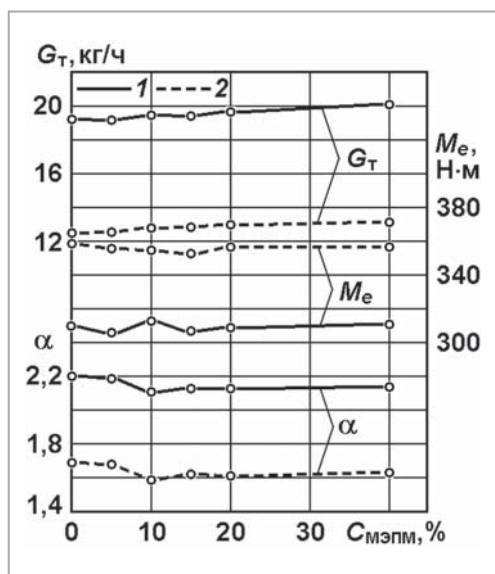
Топливная экономичность дизеля при его работе на исследуемых топливах оценивалась не только удельным эффективным расходом топлива  $g_e$ , но и эффективным КПД дизеля  $\eta_e$ . Причем для интегральной оценки работы дизеля на режимах 13-ступенчатого цикла использован условный эффективный КПД, определяемый из соотношения

$$\eta_{e\text{ усн}} = \frac{3600}{H_U g_{e\text{ усн}}},$$

где  $H_U$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Этот условный эффективный КПД рассчитан с использованием указанной методики и полученных экспериментальных данных (см.табл. 5).

По результатам испытаний отмечена возможность улучшения показателей токсичности ОГ дизеля Д-245.12С при его переводе с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % МЭПМ. Так, на режиме максимальной мощности при  $n=2400$  мин<sup>-1</sup> дымность ОГ снизилась на 46,7 %, а на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500$  мин<sup>-1</sup> – на 5,6 %. При этом интегральный на режимах 13-ступенчатого цикла эффективный КПД  $\eta_{e\text{ усн}}$  уменьшился с 0,351 до 0,341, то есть на 2,8 %, удельный массовый выброс оксидов азота  $e_{NO_x}$  сократился с 5,948 до 5,718 г/(кВт·ч), то есть на 3,9 %, удельный массовый выброс монооксида углерода  $e_{CO}$  снизился с 2,782 до 2,171 г/(кВт·ч), или на 22,0 %, а удельный массовый выброс углеводородов  $e_{CH}$  – с 1,006 до 0,813 г/(кВт·ч), или на 19,2 % (см. табл. 5).



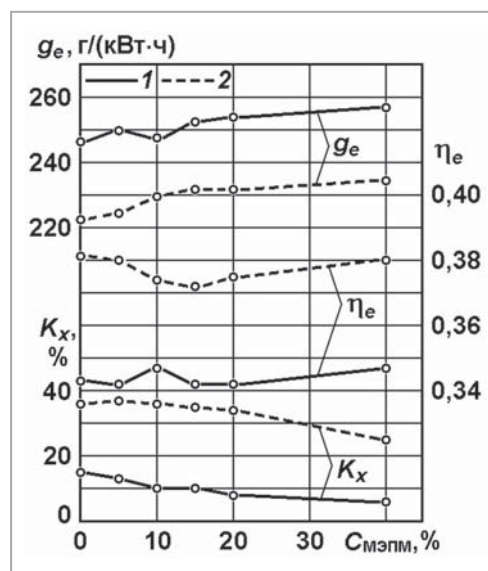
**Рис. 4.** Зависимость часового расхода топлива  $G_T$  дизеля типа Д-245.12С, крутящего момента  $M_e$  и коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  от содержания МЭПМ в смесевом биотопливе  $C_{MЭПМ}$  на режимах ВСХ:

1 – на режиме максимальной мощности при  $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ ; 2 – на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$

Экспериментальные данные по дизелю типа Д-245.12С получены и при его работе на смесевых биотопливах, содержащих различное соотношение ДТ и МЭПМ. Характеристики на рис. 4 свидетельствуют о том, что увеличение содержания МЭПМ в смесевом биотопливе  $C_{MЭПМ}$  от 0 до 40 % приводит к некоторому росту часового расхода топлива  $G_T$ . Так, на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  часовой расход топлива увеличился от 12,51 до 13,14 кг/ч, а на режиме максимальной мощности при  $n=2400 \text{ мин}^{-1}$  – от 19,23 до 20,07 кг/ч. Однако крутящий момент двигателя  $M_e$  и коэффициент избытка воздуха  $\alpha$  сравнительно слабо зависят от концентрации  $C_{MЭПМ}$  во всем исследованном диапазоне ее изменения.

Характеристики удельного эффективного расхода топлива  $g_e$ , эффективного КПД дизеля  $\eta_e$  и дымности ОГ  $K_x$  в зависимости от концентрации МЭПМ

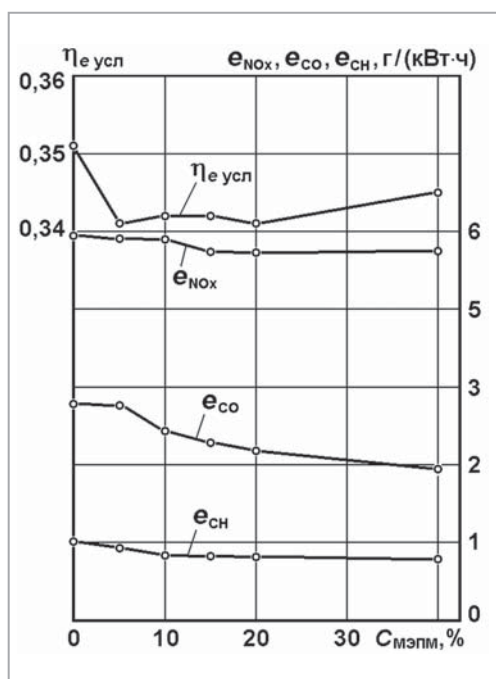
в смесевом биотопливе  $C_{MЭПМ}$  приведены на рис. 5 и в табл. 5. Увеличение концентрации МЭПМ в смесевом биотопливе  $C_{MЭПМ}$  от 0 до 40 % сопровождалось ростом удельного эффективного расхода топлива  $g_e$ . На режиме максимального крутящего момента при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  расход топлива  $g_e$  увеличился от 222,1 до 234,5 г/(кВт·ч), а на режиме максимальной мощности при  $n=2400 \text{ мин}^{-1}$  – от 246,6 до 257,0 г/(кВт·ч). Но при этом эффективный КПД дизеля  $\eta_e$  изменялся сравнительно слабо. Вместе с тем отмечена сильная зависимость дымности ОГ от состава топлива. При росте  $C_{MЭПМ}$  от 0 до 40 % на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$  дымность ОГ  $K_x$  снизилась от 36 до 25 % по шкале Хартриджа, а на режиме максимальной мощности при  $n=2400 \text{ мин}^{-1}$  – от 15 до 6 % по той же шкале (в 2,5 раза).



**Рис. 5.** Зависимость удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  дизеля типа Д-245.12С, его эффективного КПД  $\eta_e$  и дымности ОГ  $K_x$  от содержания МЭПМ в смесевом биотопливе  $C_{MЭПМ}$  на режимах ВСХ:

1 – на режиме максимальной мощности при  $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ ; 2 – на режиме максимального крутящего момента при  $n=1500 \text{ мин}^{-1}$

Характеристики и значения удельных массовых выбросов токсичных компонентов  $e_{NO_x}$ ,  $e_{CO}$ ,  $e_{CH}$  на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла, представленные на рис. 6 и в табл. 5, подтвердили возможность заметного улучшения показателей токсичности ОГ дизеля при использовании смесей ДТ и МЭПМ. При росте содержания МЭПМ в ДТ от 0 до 40 % удельные массовые выбросы оксидов азота  $NO_x$  снизились с 5,948 до 5,742 г/(кВт·ч), то есть на 3,5 %, монооксида углерода  $CO$  – с 2,782 до 1,949 г/(кВт·ч), то есть на 29,9 %, углеводородов  $CH$  – от 1,006 до 0,784 г/(кВт·ч), или на 22,1 %. Одновременно отмечено незначительное снижение условного эффективного КПД дизеля  $\eta_{e_{усл}}$  на 1,7 % – от 0,351 при  $C_{MЭПМ}=0$  до 0,345 при  $C_{MЭПМ}=40$  %.



**Рис. 6.** Зависимость условного эффективного КПД  $\eta_{e_{усл}}$  дизеля типа Д-245.12С и его удельных массовых выбросов – оксидов азота  $e_{NO_x}$ , монооксида углерода  $e_{CO}$  и несгоревших углеводородов  $e_{CH}$  – от содержания МЭПМ в смеси биотопливе  $C_{MЭПМ}$  на режимах 13-ступенчатого цикла

Отмеченная выше трансформация параметров и характеристик исследуемого дизеля при его переводе с нефтяного ДТ на МЭПМ обусловлена изменением эксплуатационных свойств изучаемых биотоплив (см. табл. 4). К тому же в ряде работ [3, 4, 10] отмечена повышенная агрессивность (коррозионная активность) метиловых эфиров растительных масел (в частности, МЭРМ и МЭПМ) к ряду конструкционных материалов. В связи с этим значительный интерес представляют исследования эксплуатационных свойств рассматриваемых биотоплив.

В работе [11] проведено исследование эксплуатационных свойств биотоплив на основе растительного масла и были получены данные по фракционному составу метилового эфира рапсового и метилового эфира подсолнечного масел. Рассмотрены различные смеси этих эфиров с нефтяным ДТ. Пробирки со смесевым топливом и с МЭПМ выдерживали при температуре 20...22 °С в темном помещении и на свету, закрытые пробками и открытые. Образцы регулярно осматривали, фотографировали и фиксировали изменения, происходящие в них. Через 30 суток в образцах, которые хранились открытыми на свету, началось расслоение топлива, в нижней части пробирки образовался слой светло-желтой жидкости (МЭПМ). Необходимо отметить, что эти изменения произошли только в образцах с содержанием МЭПМ 5 и 10 %, другие смеси (с содержанием МЭПМ 25 и 50 %) остались гомогенными (рис. 7а). Аналогичные результаты были получены для образцов в закрытых пробирках. Образцы, которые хранились в темноте, не претерпели никаких видимых изменений (рис. 7б).

При более длительном хранении образцов (в течение 6 мес) на свету происходит дальнейшее расслоение смесевое топлива с содержанием МЭПМ 5 и 10 %, при этом цвет нижнего слоя становится более насыщенным, а его высота увеличивается от 3 до 12 мм (рис. 8а).



*а*



*б*

**Рис. 7.** Образцы с биотопливом (МЭПМ, 5, 10, 25 и 50 % смеси МЭПМ с ДТ) после хранения открытыми на свету в течение 30 суток (*а*) и образцы с биотопливом (МЭПМ, 50, 25, 10 и 5 % смеси МЭПМ с ДТ) после хранения закрытыми в темноте в течение 30 суток (*б*)



*а*



*б*

**Рис. 8.** Образцы с биотопливом (МЭПМ и смеси с ДТ) после хранения в течение 6 мес закрытыми (*а*) и открытыми (*б*) на свету

Смеси с содержанием МЭПМ 50 % остались однородными, но наблюдалось расслоение смеси с содержанием 25 % МЭПМ в открытых пробирках (рис. 8б). Лучшие результаты были получены при хранении образцов смесевое топлива в темноте. После длительного хранения эти образцы сохранили свою прозрачность и однородность (рис. 9).

Проведено также исследование взаимодействия различных конструкционных материалов и различных биотоплив –



**Рис. 9.** Образцы с биотопливом (МЭПМ и смеси с ДТ) после хранения закрытыми в темноте в течение 6 мес

МЭРМ, МЭПМ и смесевое топлива на основе МЭПМ (содержание МЭПМ в нефтяном ДТ составляло 5, 10, 25 и 50 %). Методика исследования коррозионного воздействия топлива на конструкционные материалы описана в работе [12]. Пластинки из стали марки Ст. 3 (ГОСТ 19903–90) с полированной поверхностью помещались в сосуды с испытуемым топливом и выдерживались в течение 288 часов (12 суток) при температуре 50 °С. Каждые 72 часа проводился осмотр пластинок. Следов коррозии на поверхности пластинок не обнаружено. Это свидетельствует о стойкости конструкционной стали к воздействию этих биотоплив при повышенной температуре.

Аналогичные результаты получены при длительных испытаниях в течение 6 месяцев при температуре 25 °С. При проведении испытаний резины ее образцы марки НО68-2 помещались в сосуды с топливом при температуре 50 °С. Каждые 72 часа образцы промывали этиловым спиртом, измеряли их линейные размеры и взвешивали. Данные, полученные в результате проведения испытаний, приведены в табл. 6 и 7. Как следует из этих данных, масса и линейные размеры образцов, контактировавших с МЭРМ и МЭПМ, значительно изменяются в результате набухания резины, поскольку эти эфиры относятся к классу сложных и обладают высокой химической активностью.

Оценка защитных свойств антикор-  
Таблица 6

**Изменение массы резины образцов НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива**

Топливо	Продолжительность контакта, ч				
	0	72	144	216	288
	Масса образцов после контакта, г				
ДТ	2,9455	2,9596	2,9734	2,9725	2,9674
МЭРМ	2,8680	3,0134	3,2483	3,3394	3,3964
МЭПМ	2,8386	3,1690	3,2947	3,4320	3,5520
5 % МЭПМ + ДТ	3,0116	3,0626	3,0760	3,0858	3,0979

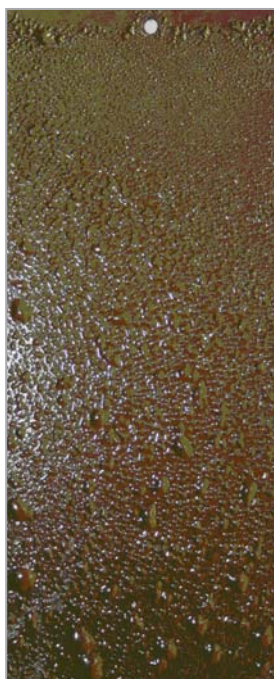


**Изменение линейных размеров образцов резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива**

Топливо	Продолжительность контакта, ч	
	0	288
	Размеры образца (длина × ширина), мм	
ДТ	49,6 × 24,7	50,0 × 24,8
МЭРМ	49,9 × 24,7	53,9 × 25,8
МЭПМ	49,6 × 24,3	54,3 × 26,0
5 % МЭПМ + ДТ	50,0 × 25,2	50,6 × 26,6

розионных покрытий технологического оборудования проводилась путем испытаний металлических пластинок из стали марки Ст. 10 по ГОСТ 1050–88 с нанесенным на них покрытием из топливоустойчивой фенолалкидной эмали ФА-5278. Испытания проводились в соответствии с методикой работы [12]. Каждый цикл испытаний имел продолжительность 2 сут и включал два этапа: выдерживание

образца при температуре  $60(\pm 2)$  °С в течение 8 ч и постепенное охлаждение до комнатной температуры в течение 16 ч. Затем образцы выдерживались при температуре  $-20(\pm 2)$  °С в течение 8 ч, после чего нагревались до комнатной температуры в течение 16 ч. Периодически производился осмотр состояния защитных покрытий. Испытания показали, что уже после трех циклов испытаний у образцов,



*а*



*б*

**Рис. 10.** Воздействие МЭПМ (*а*) и 25 % смеси МЭПМ и ДТ (*б*) на образцы стали, покрытые топливоустойчивой фенолалкидной эмалью ФА-5278 после трех циклов испытаний

помещенных в МЭРМ, МЭПМ и их смеси с дизельным топливом, наблюдалось набухание пузырями защитного покрытия (рис. 10а) и отслаивание (рис. 10б) практически по всей поверхности образца, то есть это покрытие не выдерживает контакта с эфирами.

В целом проведенные исследования подтвердили возможность эффективного использования смесей нефтяного ДТ с МЭПМ в качестве топлива для отечественных дизелей. В исследуемом диапазоне изменения содержания МЭПМ в нефтяном ДТ наилучшее сочетание показателей топливной экономичности

и токсичности ОГ дизеля Д-245.12С достигнуто при его работе на смеси 60 % ДТ и 40 % МЭПМ ( $C_{\text{МЭПМ}}=40\%$ ). В то же время установлено, что смесевые биотоплива на основе метиловых эфиров растительных масел имеют ограниченный срок хранения (не более 6 мес), их следует хранить в темном помещении, так как на свету происходит расслаивание и окисление топлива. Резинотехнические изделия не выдерживают контакта с МЭРМ и МЭПМ, их целесообразно заменить другими материалами, например, тетрафторэтиленом (фторопласт), который обладает высокой химической стойкостью.

## Литература

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.А. Марков и др. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
2. Биоэнергетика: Мировой опыт и прогнозы развития / Л.С. Орси́к, Н.Т. Сорокин, В.Ф. Федоренко и др. Под ред. В.Ф. Федоренко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
3. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов и др.. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. – 536 с.
4. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
5. Васильев И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. – Луганск: Изд-во Восточноукраинского университета им. В. Даля, 2009. – 240 с.
6. Zubik J., Sorenson S.C., Goering C.E. Diesel Engine Combustion of Sunflower Oil Fuels // Transactions of the ASAE. – 1984. – Vol. 27. – № 5. – P. 1252-1256.
7. Kaufman K.R., Ziejewski M. Sunflower Methyl Esters for Direct Injected Diesel Engines // Transactions of the ASAE. – 1984. – Vol. 27. – № 6. – P. 1626-1633.
8. Iklíc S., Yucésu H. Investigation of the Effect of Sunflower Oil Methyl Ester on the Performance of a Diesel Engine // Energy Sources. – 2006. – Vol. 27. – № 13. – P. 1225-1234.
9. Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А. Работа транспортного дизеля на смесях дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 3. – С. 56-62.
10. Bosch: Системы управления дизельными двигателями: Пер. с немецкого. – М.: Изд-во «За рулем», 2004. – 480 с.
11. Коваленко В.П., Улюкина Е.А., Пуляев Н.Н. и др. Исследование физико-химических свойств биотоплив на основе растительных масел // Международный научный журнал. – 2011. – № 4. – С. 79-83.
12. Улюкина Е.А., Коваленко В.П., Пуляев Н.Н. и др. Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами // Международный научный журнал. – 2010. – № 3. – С. 88-91.

## Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метано- и этано-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в ОГ

**В.А. Лиханов**, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА», д.т.н.,  
**О.П. Лопатин**, доцент кафедры ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА», к.т.н.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований, проведенных на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов Вятской государственной сельскохозяйственной академии, по улучшению экологических показателей тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения компримированного природного газа и рециркуляции отработавших газов, метано-топливной и этано-топливной эмульсий. Исследования проводились с целью определения и оптимизации основных параметров работы дизеля на ДТ, КПГ с рециркуляцией отработавших газов, метано-топливной и этано-топливной эмульсиях.

**Ключевые слова:**

компримированный природный газ (КПГ), метано-топливная эмульсия (МТЭ), этано-топливная эмульсия (ЭТЭ), отработавшие газы.

**Э**кспериментальная тормозная установка включала электро-тормозной стенд SAK-N670 с балансирной маятниковой машиной, дизель 4Ч 11,0/12,5, измерительную аппаратуру, газобаллонное оборудование, оборудование для приготовления эмульсий (гомогенизатор MPW-302), систему рециркуляции отработавших газов (РОГ). Отбор и анализ проб ОГ проводился на автоматической системе газового анализа АСГА-Т. Для проведения стендовых испытаний на КПГ (20 % запальная порция дизельного топлива и 80 % КПГ) была использована передвижная заправочная станция на базе

тракторного прицепа 2ПТС-4 и газобаллонного оборудования автомобиля ЗИЛ-138А [1].

Для исследования проб МТЭ и ЭТЭ использовались денсиметр (определение плотности) и вискозиметр (определение вязкости).

По результатам исследований стабильности МТЭ и ЭТЭ определено, что эмульсии с концентрацией спирта 50 % оптимальны с точки зрения устойчивости к процессам разрушения. На наш взгляд, это связано с предельным повышением концентрации спирта в эмульсии, которая в данном случае переходит из «обратной» в «прямую», что делает

невозможным воспламенение такого топлива в цилиндре дизеля. Это было подтверждено в ходе первичных испытаний на двигателе.

Для всех исследуемых проб МТЭ и ЭТЭ определялась стабильность к процессу коалесценции, характеризующаяся продолжительностью времени до полного разделения пробы на углеводородную и спиртовую фазы. При этом пробирки с пробами смесей закрывались хорошо притертыми пробками. В процессе опыта выдерживалось равенство температурных режимов. По полученным данным также строились изотермы стабильности [2, 3].

В результате исследований стабильности и первичных испытаний на двигателе в качестве оптимальных для дизеля 4Ч 11,0/12,5 были приняты эмульсии следующего состава [4]:

- МТЭ – метанол 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А 0,5 %, вода 7 %, ДТ 67,5 %;
- ЭТЭ – этанол 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А 0,5 %, вода 7 %, ДТ 67,5 %.

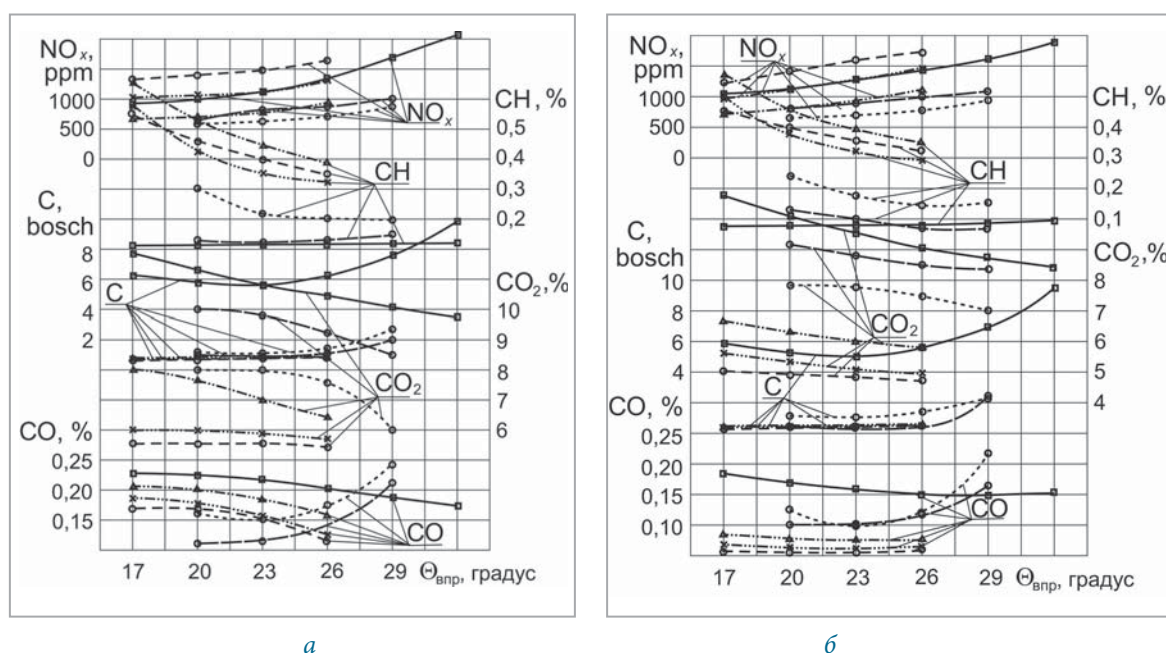
Несмотря на высокие результаты стабильности при исследованиях МТЭ и ЭТЭ, использование эмульсий с большим содержанием метанола и этанола невозможно в связи с повышенной жесткостью и пропусками воспламенения при работе дизеля. Поэтому все дальнейшие испытания дизеля проводились на эмульсиях данного состава.

Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ) для частоты вращения  $2200 \text{ мин}^{-1}$  представлено на рис. 1а.

Анализ графиков, соответствующих газодизельному и газодизельному с РОГ процессам при  $n=2200 \text{ мин}^{-1}$ , показывает, что при изменении установочного УОВТ содержание оксидов азота при работе по газодизельному процессу с РОГ изменяется так же, как и в дизельном

процессе, то есть при увеличении угла выход  $\text{NO}_x$  возрастает. Так, при работе газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  содержание оксидов азота в ОГ составляет 1300 ppm, что ниже на 21,2 %, чем при газодизельном процессе, и на 3,7 %, чем при дизельном процессе. При работе газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  содержание  $\text{NO}_x$  в ОГ составляет 1100 ppm, что ниже на 24,1 % аналогичного показателя при газодизельном процессе, соответствует дизельному процессу и ниже на 15,4 % содержания  $\text{NO}_x$  в ОГ газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$ . Дальнейшее увеличение степени РОГ приводит к еще большему снижению оксидов азота, но вызывает рост продуктов неполного сгорания. Газодизельный процесс сопровождается увеличением выбросов суммарных углеводородов – их содержание в отработавших газах выше в 4-5 раз по сравнению с аналогичным показателем дизельного процесса. Концентрация СН в зависимости от установочного УОВТ при газодизельном процессе с РОГ и без нее уменьшается при увеличении установочного угла [5, 6].

При работе газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  содержание СН в ОГ составляет 0,32 %, что ниже на 5,9 % аналогичного показателя газодизельного процесса. При работе газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  содержание СН в ОГ составляет 0,36 %, что ниже на 9,9 % аналогичного показателя газодизельного процесса. Применение 20%-ной РОГ приводит к увеличению СН до значений, превышающих значения при чисто газодизельном процессе. Анализ содержания сажи в отработавших газах при работе по газодизельному процессу с РОГ и без нее показывает, что при увеличении установочного УОВТ содержание сажи практически не возрастает. Применение РОГ приводит к незначительному ее росту, в то время как при работе по дизельному процессу концентрация сажи существенно увеличивается.



**Рис. 1.** Влияние применения КПГ и РОГ, МТЭ и ЭТЭ на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 4С 11,0/12,5 зависимости от изменения установочного УОВТ:

*a* – при  $n=2200 \text{ мин}^{-1}$ ; *б* – при  $n=1700 \text{ мин}^{-1}$ ;

□ — □ — дизельный процесс; ○ — ○ — газодизельный процесс;

× — × — газодизельный с РОГ 10 %; Δ — Δ — газодизельный с РОГ 20 %;

○ — ○ — ЭТЭ; ○ — ○ — МТЭ

Концентрация сажи при газодизельном процессе с РОГ и без нее ниже, чем при дизельном процессе, в 4-5 раз. Содержание CO с увеличением угла при работе по газодизельному процессу с РОГ также уменьшается.

При работе по газодизельному процессу с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  содержание CO в ОГ выше на 6,3 %, чем при газодизельном процессе, ниже на 25,6 %, чем при дизельном, и выше на 23,1 % аналогичного показателя газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$ . Содержание CO<sub>2</sub> с увеличением угла при работе по газодизельному процессу с РОГ уменьшается, и при повышении рециркуляции снижение происходит в большей степени. Так, при работе газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  содержание CO<sub>2</sub> в ОГ выше на 5,1 %, чем при газодизельном процессе, ниже на 45,4 %, чем при дизельном, и вышена 3,4 % аналогичного показателя газодизеля с 10%-ной РОГ при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$ .

Сравнивая работу дизеля 4С 11,0/12,5 на ДТ и на МТЭ, при различных установочных УОВТ и частоте вращения  $2200 \text{ мин}^{-1}$ , следует отметить, что значения токсических показателей при работе на МТЭ изменяются по сравнению с работой на ДТ.

Содержание оксидов азота NO<sub>x</sub> в ОГ дизеля при работе на МТЭ на всех установочных УОВТ меньше, чем при работе на ДТ. При  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  концентрация NO<sub>x</sub> снижается с 1100 до 774 ppm, то есть на 29,6 %, а при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  – с 1320 до 853 ppm, или на 35,4 %.

Содержание углеводородов СН в ОГ дизеля при работе на МТЭ больше, чем при работе на ДТ на всех установочных УОВТ. При  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  с переходом на МТЭ концентрация СН увеличивается с 0,108 до 0,12 %, то есть на 10,0 %, а при установочном УОВТ  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  и переходе на МТЭ – с 0,11 до 0,13 %, или на 15,4 %.

Содержание CO<sub>2</sub> в ОГ дизеля при работе на МТЭ меньше, чем при работе

на ДТ на всех установочных УОВТ. При  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  содержание  $\text{CO}_2$  при переходе на МТЭ снижается с 10,9 до 9,8 %, то есть на 10,1 %, при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  – с 10,5 до 9,2 %, или на 12,4 %.

Сравнивая кривые (см. рис. 1а), соответствующие работе дизеля 4Ч 11,0/12,5 на ДТ и на ЭТЭ на различных установочных УОВТ при частоте вращения 2200 мин<sup>-1</sup>, можно отметить, что экологические показатели отличаются, и в закономерностях изменения имеются некоторые различия.

Содержание оксидов азота  $\text{NO}_x$  в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ на всех установочных УОВТ меньше, чем при работе на ДТ. При  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  концентрация  $\text{NO}_x$  снижается с 1100 до 657 ppm, или на 40,3 %. При  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  содержание  $\text{NO}_x$  снижается с 1320 до 730 ppm, то есть на 44,7 %.

Содержание углеводородов  $\text{CH}$  в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ больше, чем при работе на ДТ на всех установочных УОВТ. При  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  с переходом на ЭТЭ концентрация  $\text{CH}$  увеличивается с 0,108 до 0,22 %, или на 50,1 %, при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  – с 0,110 до 0,20 %, или на 45,0 %.

Содержание  $\text{CO}_2$  в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ меньше, чем при работе на ДТ. При  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  концентрация  $\text{CO}_2$  с переходом на ЭТЭ уменьшается с 10,9 до 8,0 %, или на 26,6 %, при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  – с 10,5 до 7,6 %, или на 27,6 %.

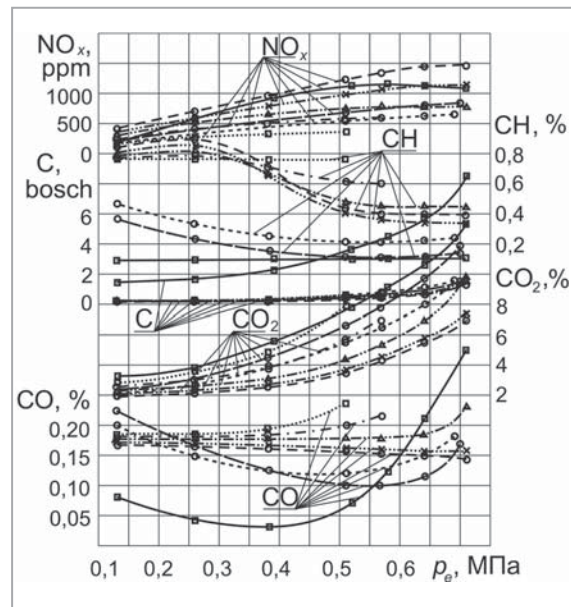
Кривая содержания (см. рис. 1а)  $\text{CO}$  в ОГ дизеля при работе на ЭТЭ носит иной характер изменения по сравнению с дизельным процессом. Так, при  $\Theta_{\text{впр}}=29^\circ$  оксида углерода больше, чем при работе на ДТ, а на всех остальных исследуемых углах происходит снижение. При установочных УОВТ 23° и 26° содержание  $\text{CO}$  при работе на ЭТЭ снижается по сравнению с работой на ДТ соответственно с 0,21 до 0,15 %, то есть на 28,6 %, и с 0,20 до 0,17 %, или на 15,0 %.

Значения дымности ОГ при переходе на ЭТЭ снижаются. Так, при  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  дымность ОГ снижается с 5,8 до 1,2 ед. по шкале bosch, то есть в 4,8 раза,

при  $\Theta_{\text{впр}}=26^\circ$  – с 6,2 до 1,5 ед. по той же шкале, или в 4,1 раза.

Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ для частоты вращения 1700 мин<sup>-1</sup> представлено на рис. 1б. Закономерности изменения содержания токсичных компонентов в ОГ в зависимости от изменения установочного УОВТ при  $n=2200$  мин<sup>-1</sup> сохраняются и для частоты вращения 1700 мин<sup>-1</sup>.

Содержание токсичных компонентов в ОГ тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения 2200 мин<sup>-1</sup> и установочном УОВТ 23° (оптимальный для газодизельного, газодизельного с РОГ процессов, для работы на МТЭ и ЭТЭ) представлено на рис. 2.



**Рис. 2.** Влияние применения КПГ и РОГ, МТЭ и ЭТЭ на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при  $\Theta_{\text{впр}}=23^\circ$  и  $n=2200$  мин<sup>-1</sup>;  
 □ — дизельный процесс; ○ — газодизельный процесс; × — газодизельный с РОГ 10 %; ▲ — газодизельный с РОГ 20 %; ◊ — газодизельный с РОГ 30 %; ☆ — газодизельный с РОГ 40 %; ○ — ЭТЭ; □ — МТЭ

Из графиков видно, что применение КПП на дизеле 4Ч 11,0/12,5 приводит к увеличению содержания оксидов азота и суммарных углеводородов в ОГ. Применение же РОГ, МТЭ и ЭТЭ снижает содержание оксидов азота в ОГ во всем диапазоне изменения нагрузок. Также существенно снижается содержание в отработавших газах сажи при работе по газодизельному, газодизельному с РОГ процессам, применении МТЭ и ЭТЭ в сравнении с дизельным процессом.

Суммируя все вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1. По результатам регулировочных характеристик в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива для частот вращения 2200 и 1700 мин<sup>-1</sup> был выбран в качестве оптимального для газодизельного, газодизельного с РОГ процессов, для работы на МТЭ и ЭТЭ установочный УОВТ 23° до верхней мертвой точки по мениску. Поскольку двигатель

не имеет какого-либо устройства для быстрого изменения установочного УОВТ, это же значение рекомендовано и для дизельного процесса.

2. При работе на КПП с РОГ при малых нагрузках ( $p_e=0,13...0,26$  МПа) возможно применение 40%-ной РОГ, а при максимальных нагрузках необходимо снижение степени рециркуляции до 10 %.

3. На номинальном режиме работы ( $p_e=0,64$  МПа,  $n=2200$  мин<sup>-1</sup>) и оптимальном установочном УОВТ ( $\Theta_{впр}=23^\circ$ ) применение КПП и РОГ, МТЭ и ЭТЭ при сохранении мощностных показателей позволяет снизить токсичность в ОГ (табл. 1).

4. На режиме максимального крутящего момента ( $p_e=0,69$  МПа,  $n=1700$  мин<sup>-1</sup>) и оптимальном установочном УОВТ ( $\Theta_{впр}=23^\circ$ ) применение КПП и РОГ, МТЭ и ЭТЭ при сохранении мощностных показателей позволяет снизить токсичность в ОГ (табл. 2).

Таблица 1

**Содержание токсичных компонентов ОГ в дизеле 4Ч 11,0/12,5 (номинальный режим)**

Топливо	Компоненты ОГ				
	NO <sub>x</sub> , ppm	Сажа, ед. bosch	CO <sub>2</sub> , %	CO, %	СН, %
Дизельное	1100	5,8	10,9	0,21	0,11
КПП	1450 (увеличение на 24,1 %)	0,9 (снижение в 6,4 раза)	5,6 (снижение на 48,6 %)	0,15 (снижение на 28,6 %)	0,40 (увеличение в 3,6 раза)
КПП и РОГ (10 %)	1100 (соответствует ДТ)	1,0 (снижение в 5,8 раза)	5,9 (снижение на 45,9 %)	0,16 (снижение на 23,8 %)	0,36 (увеличение в 3,3 раза)
С применением МТЭ	775 (снижение на 29,6 %)	0,9 (снижение в 6,4 раза)	9,8 (снижение на 10,1 %)	0,11 (снижение на 47,6 %)	0,22 (увеличение в 2,0 раза)
С применением ЭТЭ	657 (снижение на 40,3 %)	1,2 (снижение в 4,8 раза)	8,0 (снижение на 26,6 %)	0,15 (снижение на 28,6 %)	0,12 (увеличение на 8,3 %)

**Содержание токсичных компонентов ОГ в дизеле 4Ч 11,0/12,5  
(максимальный крутящий момент)**

Топливо	Компоненты ОГ				
	NO <sub>x</sub> , ppm	Сажа, ед. bosch	CO <sub>2</sub> , %	CO, %	CH, %
Дизельное	1300	5,1	9,6	0,16	0,09
КПП	1600 (увеличение на 18,8 %)	0,5 (снижение в 10,2 раза)	4,9 (снижение на 49,0 %)	0,05 (снижение в 3,2 раза)	0,36 (увеличение в 4,0 раза)
КПП и РОГ (10 %)	1300 (соответствует ДТ)	0,6 (снижение в 8,5 раза)	5,1 (снижение на 46,9 %)	0,06 (снижение в 2,7 раза)	0,31 (увеличение в 3,4 раза)
С применением МТЭ	839 (снижение на 35,5 %)	0,5 (снижение в 10,2 раза)	8,8 (снижение на 8,3 %)	0,11 (снижение на 31,3 %)	0,10 (увеличение на 10 %)
С применением ЭТЭ	730 (снижение на 43,9 %)	0,9 (снижение в 5,7 раза)	7,8 (снижение на 18,8 %)	0,10 (снижение на 37,5 %)	0,18 (увеличение в 2,0 раза)

## Литература

1. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 4 (40). – С. 21-25.
2. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 6. – С. 7-9.
3. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 4 (28). – С. 70-73.
4. Лопатин О.П., Лиханов В.А. Улучшение эксплуатационных показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Известия Международной академии аграрного образования. – 2013. – Т. 4. – № 16. – С. 170-173.
5. Лиханов В.А. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: монография / В.А. Лиханов, О.П. Лопатин. – Киров, 2004. – 106 с.
6. Лопатин О.П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов: дис. ... канд. тех. наук. – Киров, 2004. – 200 с.



## Современные подходы к выбору производительности основного технологического оборудования объектов заправки природным газом

А.А. Евстифеев, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

В статье рассмотрены современные концептуальные подходы к выбору производительности основного технологического оборудования объектов заправки газовым моторным топливом. Проведен анализ концепций, выявлены их достоинства и недостатки. Представлен подход, используемый при выдаче предложений и заключений о соответствии предлагаемых технических решений достижению показателей удовлетворенности потребителей газового моторного топлива. Методами теории массового обслуживания сформирована математическая модель этого процесса и проведен расчет вероятностей потери клиента из-за превышения времени ожидания обслуживания.

**Ключевые слова:**

газовое моторное топливо, концепция, теория массового обслуживания, транспортный поток, производительность компрессоров.

**Н**а этапе выбора перспективных мест для размещения объектов газовой заправки транспорта выполняется предварительный технико-экономический анализ [1-10], в рамках которого проводится комплекс мероприятий по оценке фактического  $P_{\phi}$  и перспективного  $P_{п}$  объемов потребления, типов транспортных средств (ТС)  $\nu$  и интенсивности потока транспортных средств  $\lambda$ , приходящих на заправку. Исследования, проводимые в последние годы разными коллективами ученых [1-4], показывают, что в зависимости от положенного в основание расчета принципа обеспечения потребителей и выбранной технологии производства газового моторного топлива (ГМТ) четко можно выделить три концептуальных подхода:

- по степени удовлетворения потребности транспорта [2];
- по пиковым нагрузкам или максимальной интенсивности потока транспортных средств [1, 7];
- по интенсивности потока транспортных средств [3].

### По степени удовлетворения потребности транспорта

В рамках данной концепции выбор производительности основного и вспомогательного оборудования заправочной станции выполняется из расчета необходимости в суточном объеме газового моторного топлива для заправки среднестатистического числа транспортных средств определенного типа и среднего объема газового

моторного топлива, необходимого для одной заправки, то есть

$$P_{\phi} = \sum_{i=0}^{\nu} q_i M_i,$$

где  $q_i$  – средний объем заправки для  $i$ -го типа транспортных средств;  $M_i$  – среднее количество транспортных средств  $i$ -го типа;  $\nu$  – число типов транспортных средств, обслуживаемых на данной станции;

$$P_{\pi} = \sum_{i=0}^{\nu} q_i \bar{M}_i(t),$$

где  $\bar{M}_i(t)$  – оценка числа транспортных средств  $i$ -го типа на некоторый момент времени  $t$  в будущем, вычисляемая методами математического анализа на основании данных предыдущих периодов.

Исследования, проведенные в рамках работ по прогнозированию изменения потребления, показывают, что наиболее качественное описание трендов в части изменения численности транспортных средств показывают s-образные и p-образные кривые, причем на этапе развития наиболее точный прогноз удается получить при использовании функции оценки вида

$$\bar{M}_i(t) = M_i + \begin{cases} \Delta M_i, & \text{при } t > b, \\ \frac{\Delta M_i}{2} + \frac{\Delta M_i}{2} \cos\left(\frac{t-b}{b-a}\right), & \text{при } a \leq t \leq b, \\ 0, & \text{при } t < a, \end{cases}$$

где  $\Delta M_i$  – число транспортных средств  $i$ -го типа, находящихся в эксплуатации на некоторый момент времени  $t$  в будущем, например, в случае наличия заявок на обслуживание или контрактов с якорными (ключевые) потребителями в зоне нулевого холостого пробега от станции (табл. 1).

Таблица 1

#### Типы автомобилей

Показатели	Легковые	Грузовые до 3,5 т	Автобусы и спецтранспорт
Число ТС, ед.	30	20	10
Средний объем одной заправки, м <sup>3</sup>	30	70	160

Объем газового моторного топлива, которое необходимо произвести, составит около 3900 м<sup>3</sup>/сут, или 1 423,5 тыс. м<sup>3</sup>/год. Для станций (рис. 1) годовая наработка основного производственного оборудования рассчитывается из 8000 рабочих часов. Соответственно на станции должно быть установлено оборудование производительностью 177,93 м<sup>3</sup>/ч, или 4250 м<sup>3</sup>/сут. Запас по производительности 8...10 % связан с необходимостью технического обслуживания, проведения осмотров и диагностики основного и вспомогательного оборудования станции [10].

Основным недостатком данного подхода является отсутствие учета неравномерности прихода транспортных средств на заправку, неограниченный рост времени обслуживания и очереди из ТС. В результате, если предположить, что все 60 автомобилей приедут одновременно, то последний будет стоять в очереди не менее 22 часов [8, 9].



**Рис. 1.** Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»

### По пиковым нагрузкам или максимальной интенсивности потока ТС

В рамках данной концепции расчет производится исходя из периодов пиковой нагрузки на основное производственное оборудование станции. В основном данный подход используется для пунктов заправки ТС автотранспортных предприятий, например, автобусных парков, обслуживающих регулярные маршруты.

Особенность режима работы автобусных парков заключается в наличии ограниченного технологического периода времени с 22:30 до 05:00, в течение которого необходимо заправить и подготовить к выходу на линии все транспортные средства первой смены. В результате фактически 70 % суточного объема газового моторного топлива АГНКС должна произвести и заправить за 6,5 ч рабочего времени.

Основным недостатком данного подхода является низкая фактическая загрузка производственных мощностей и высокие капитальные затраты. По сути, общая загрузка производственного оборудования станции не будет превышать 25 %, что негативно сказывается на экономических показателях производственной деятельности.

Рассмотрим ранее приведенный пример, только теперь нам необходимо заправить автобусы и спецтранспорт в течение трех часов. Тогда в этот период времени необходимо произвести 1600 м<sup>3</sup> ГМТ, соответственно на станции должно быть установлено оборудование производительностью 533,33 м<sup>3</sup>/ч, или 12 800 м<sup>3</sup>/сут. Сравнив этот показатель с аналогичным для первой концепции, мы увидим трехкратное повышение производительности станции, что влечет за собой увеличение объема станционного оборудования и пропорциональный рост капитальных и эксплуатационных затрат.

### По интенсивности потока транспортных средств

В рамках данной концепции проводится более углубленный анализ состава транспортных средств, заправку которых планируется организовать. Предварительно ограничивают предельное время ожидания, обычно его выбирают в соответствии с психологическими и экономическими характеристиками. В ряде работ показано [6, 8, 10],

что психологический предел ожидания заправки при наличии очереди составляет не более 20...30 мин. В зависимости от площади станции может быть принято ограничение по максимальной длине очереди, чтобы скопившиеся на станции машины не выходили на проезжую часть дорожного полотна. В результате могут быть сформированы галереи с разной производительностью для заправки грузового и легкового транспорта. По результатам проведенного анализа полученные исходные данные обрабатываются методами теории массового обслуживания.

Например, при экспертизе проектов в некоммерческом партнерстве «Национальная газомоторная ассоциация» используется следующая математическая модель. Предполагается, что есть автозаправочная станция с  $m$  одинаковыми газораздаточными колонками и ограниченным  $r$  числом мест в очереди обслуживания. Входящий поток требований – пуассоновский с дисциплиной очереди обслуживания FIFO (первый вошел – первый вышел). Интервалы времени между требованиями на обслуживание предполагаются экспоненциально распределенными. Интенсивность входной нагрузки равна среднему числу требований, поступивших в систему за среднее время обслуживания ( $\bar{x}$ ) одного требования:

$$\Lambda = \sum_{i=0}^{\infty} iP_i = \frac{\lambda}{\mu},$$

где  $P_i$  – вероятность того, что за интервал времени  $t = \bar{x}$  в систему поступит точно  $i$  требований.

В рамках анализа с помощью данной модели проводится определение стационарного распределения вероятностей состояний станции  $P_k$  ( $k=0,1,\dots, m+r$ ) и характеристик качества обслуживания.

В данной модели очередь ограничена, поэтому модель системы массового обслуживания можно записать в виде  $M|M|m|r$  (с очередью и потерями). Если в момент приезда автомобиля (поступление требования) в системе есть хотя бы одна свободная колонка, то он сразу начинает обслуживаться. Если все колонки заняты, автомобиль становится в очередь при условии, что число ожидающих меньше  $r$ , то есть имеются места для ожидания. Если очередь ранее приехавших больше  $r$ , то автомобиль уезжает на следующую заправку. Таким образом, требование теряется, если в системе уже есть  $l=m+r$  требований, причем из этих  $l$  требований  $m$  обслуживаются, а  $r$  ожидают в очереди.

При вычислении состояний системы используется второе распределение Эрланга, с помощью которого проводится расчет вероятностей состояний системы при обслуживании пуассоновского потока требований

$$\left\{ \begin{array}{l} P_k = \frac{\Lambda^k}{k!} P_0 \text{ при } k = 1, \dots, m \\ P_k = \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{k-m} \frac{\Lambda^m}{m!} P_0 \text{ при } k = m, \dots, \infty. \\ P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \left(\frac{\Lambda^m}{m!}\right) \frac{1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{r+1}}{1 - \frac{\Lambda}{m}}} \end{array} \right.$$

Для расчета вероятности полной занятости системы (все обслуживающие устройства и полная очередь) используется выражение

$$P_3 = \sum_{k=m}^l P_k = \frac{\Lambda^m}{m!} P_0 \sum_{k=m}^l \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{k-m} = \frac{\Lambda^m}{m!} P_0 \frac{1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{r+1}}{1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)}$$

Вероятность потери требования можно получить как

$$P_l = \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{l-m} \frac{\Lambda^m}{m!} P_0 = \frac{\left(\frac{\Lambda}{m}\right)^r \frac{\Lambda^m}{m!}}{\sum_{k=0}^{m-1} \frac{\Lambda^k}{k!} + \left(\frac{\Lambda^m}{m!}\right) \frac{1 - \left(\frac{\Lambda}{m}\right)^{r+1}}{1 - \frac{\Lambda}{m}}}$$

В результате нескольких итераций расчета определяется вероятность потери требования на обслуживание (рис. 2). При достижении некоторого уровня качества обслуживания, обычно для АГНКС это уровень вероятности обслуживания  $P_{ог} = 1 - P_l \geq 0,9$ , процесс расчета заканчивается.

В табл. 2 приведены результаты вычисления вероятности обслуживания ТС в зависимости от числа компрессоров и времени ожидания. Можно отметить, что вероятность обслуживания 90 % для компрессорной станции с одним компрессором достигается при среднем времени ожидания 45 мин, что говорит об образовании больших очередей в периоды пиковой нагрузки и при заправке крупных транспортных средств (автобусы, коммунальная техника и грузовые автомобили).

В результате проведенных исследований и расчетов (табл. 3) производительность основного и вспомогательного оборудования газовых заправочных станций природного газа для различных концепций будет различной.

Таблица 2

### Вероятность обслуживания ТС в зависимости от числа компрессоров и времени ожидания

Вероятность обслуживания	Число компрессоров	Число заправочных постов	Максимальное время ожидания
0,783	1	2	15
0,871	1	2	30
0,9194	1	2	45
0,9479	1	2	60
0,8386	2	4	15
0,9194	2	4	30
0,9367	2	4	45
0,8786	3	8	15
0,9199	3	8	30

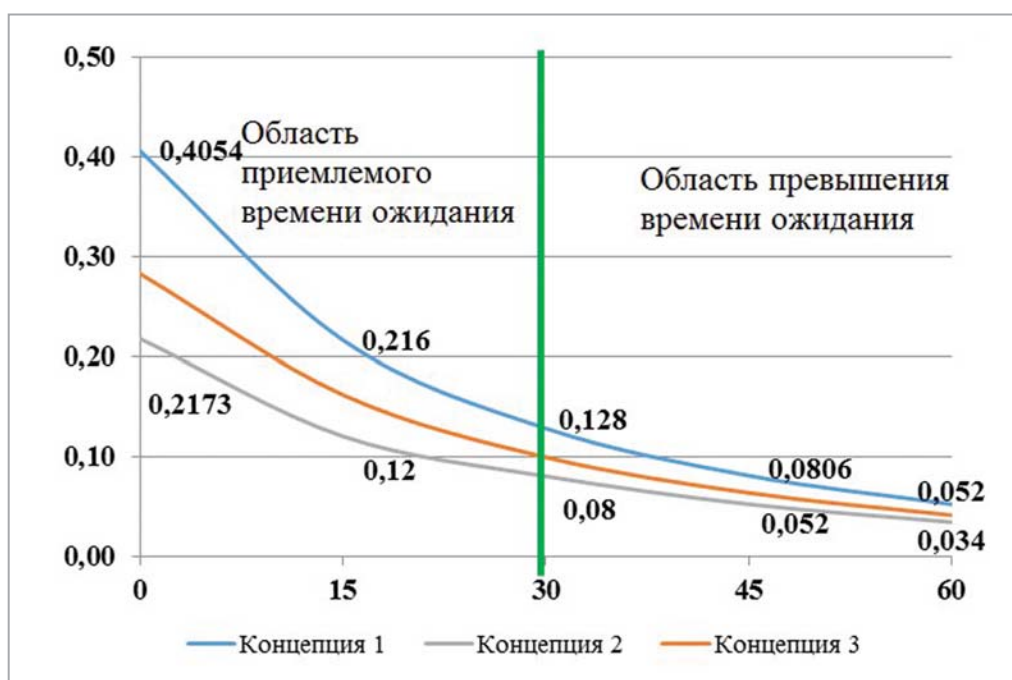


Рис. 2. График вероятностей потери клиента ввиду времени ожидания

Таблица 3

### Производительность основного и вспомогательного оборудования

Показатель	Концепция 1	Концепция 2	Концепция 3
Объем производимого на станции газа, м <sup>3</sup> /сут	4250	12 800	7550
Число компрессоров	1	3	2
Число газораздаточных колонок	2	8	4

При этом применение концепции выбора наименьшей по степени удовлетворения потребности транспорта позволяет использовать АГНКС с максимальной загрузкой, но не позволяет достичь удовлетворительных результатов по времени ожидания и длине очереди транспортных средств, прибывших на заправку. В таких системах часто используется компоновка, содержащая ряд единичных элементов в технологической цепи, соединенных последовательно (компрессор, блок осушки, газозаправочная колонка, система коммерческого учета газа), выход из строя или отказ любого из этих элементов приводит к полной остановке станции. Поэтому на наиболее загруженных транспортных участках необходимо иметь в пределах 10...15 км альтернативный источник заправки ГМТ или резервную производственную линию. Опыт эксплуатации однокомпрессорных станций высокой мощности показывает ряд недостатков, связанных с отсутствием следующих возможностей:

- частичного вывода производственных мощностей для ремонта и технического обслуживания;
- частичного отключения основных потребителей мощности (компрессоры) при неполной загрузке производственного оборудования;

- резерва производственной мощности.

При использовании концепции по пиковым нагрузкам или максимальной интенсивности потока транспортных средств основным недостатком является проблема возведения избыточных производственных мощностей, что влечет потребность в поиске способов загрузки станции во время простоя. Такими способами являются:

- установка на станции блоков сжижения природного газа с возможностью его последующей реализации в качестве топлива для транспортных средств и автономной газификации;
- заправка передвижных автомобильных заправщиков;
- применение технологии газовых кассетных сборок.

Выбор производственных мощностей в соответствии с концепцией интенсивности потока транспортных средств является компромиссной стратегией, направленной на достижение необходимого уровня обслуживания, надежности производственного процесса и адекватных затрат на приобретение и строительство станции.

## Литература

1. Евстифеев А.А. Обеспечение муниципальных автобусных парков мегаполиса газовым моторным топливом // Газовая промышленность. – 2014. – № 2. – С. 86-89.
2. Евстифеев А.А. Математическая модель процесса заправки транспортных средств КПП на АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 1. – С. 24-31.
3. Евстифеев А.А. Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3. – С. 53-60.
4. Хворов Г.А., Козлов С.И., Аكوпова Г.С., Евстифеев А.А. Сокращение потерь природного газа при транспортировке по магистральным газопроводам ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2013. – № 12. – С. 66-69.
5. Евстифеев А.А. Математическая модель анализа потребности в КПП и СПГ на вновь газифицируемых территориях // Газовая промышленность. – 2013. – № 1. – С. 87-88.
6. Люгай С.В., Евстифеев А.А., Тимофеев В.В., Балашов М.Л., Дрыгина Ю.Н. Сравнение экономических показателей при использовании жидкого моторного и газомоторного топлив // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 14-19.
7. Евстифеев А.А. Модель прогнозирования потребления газового моторного топлива в населенном пункте // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 3 (33). – С. 43-47.
8. Евстифеев А.А., Балашов М.Л. Методика определения границы экономической эффективности перехода на природный газ в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 2. – С. 4-5.
9. Евстифеев А.А. Расчет надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 4 (34). – С. 61-65.
10. Евстифеев А.А., Заева М.А., Хетагуров Я.А. Применение математического моделирования при испытаниях и отработке сложных технических систем // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. – 2013. – Т. 2. – № 1. – С. 115.

# Обзор новых интеллектуальных решений в области использования природного газа

Авторы патента на полезную модель № 152317 «Установка энергоснабжения объектов морского нефтегазового месторождения» – М.Н. Мансуров, Ю.Г. Прокопенко, В.Е. Петренко, А.И. Новиков, А.Г. Гречко, А.Ю. Прокопенко.

Формула полезной модели (рис. 1) включает описание установки энергоснабжения объектов морского нефтегазового месторождения, содержащей атомную парогенераторную установку, состоящую из нескольких модулей генерации пара и расположенную на плавучей платформе, снабженной якорной системой и обеспечивающей возможность ее стабилизации в подводном или надводном положении.

Патентообладателями в отношении изобретения «Генератор для газификации сжиженного природного газа и подачи газообразного продукта потребителю» (патент № 2511782) являются Пермский национальный исследовательский политехнический университет и ОАО «Протон – Пермские моторы». Авторы изобретения – С.В. Бочкарев, А.И. Цаплин, А.Б. Петроченков, В.В. Малышев, И.А. Арбузов, Д.В. Щенятский, М.С. Окулов.

Изобретение относится к газовой промышленности, в частности, к области испытаний газоперекачивающих агрегатов на основе авиационных двигателей. Задачей изобретения является создание генератора для газификации сжиженного природного газа и подачи газообразного продукта потребителю, позволяющего при упрощении конструкции обеспечить постоянство давления при подаче газовой составляющей потребителю в течение определенного промежутка времени.

Поставленная задача была решена за счет того, что генератор для газификации сжиженного природного газа и подачи газообразного продукта потребителю содержит по меньшей мере два соединенных между собой газификатора высокого давления, полости которых соединены с устройствами отвода газообразного продукта и подвода к магистралям подачи газообразного продукта потребителю. Каждый газификатор снабжен нагревательным элементом и подключенным к нему задатчиком давления, работающим в соответствии с зависимостью давления природного газа в замкнутом объеме от температуры и степени заполнения газификатора сжиженным природным газом.

Преимущество предлагаемого генератора состоит в том, что можно создавать для проведения испытаний постоянное давление в широких диапазонах и заданных промежутках времени в соответствии с программой испытаний при относительной простоте конструкции, не имеющей вращающихся частей.

Патентообладателями в отношении изобретения «Комбинированная энергетическая установка гибридного автомобиля» (патент № 2457959) являются Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный технический университет «МАМИ», а также сами авторы – С.В. Бахмутов, В.Э. Павлушков, В.В. Селифонов, В.В. Серебряков, А.И. Филонов, Я.В. Благушко, О.В. Маликов, Е.Е. Баулина, И.А. Куликов, К.Е. Карпухин.

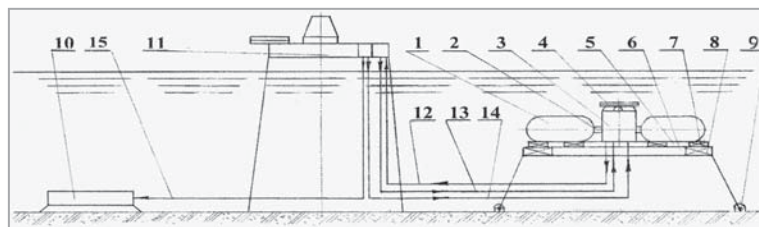


Рис. 1



Изобретение относится к области транспортного машиностроения, точнее к комбинированным силовым установкам гибридных автомобилей. Комбинированная энергетическая установка содержит тепловой двигатель, первый и второй электромоторы/генераторы (рис. 2). Связь между составляющими силовой блок тепловым двигателем и первым электромотором/генератором выполнена с возможностью размыкания. Тепловой двигатель и первый электромотор/генератор силового блока выполнены тяговыми. Силовой блок подключен посредством промежуточных средств к одной из колесных осей автомобиля. Второй электромотор/генератор выполнен с возможностью независимой работы от первого электромотора/генератора. Второй электромотор/генератор связан с другой колесной осью автомобиля постоянно. Технический результат заключается в повышении энергоэффективности комбинированной энергетической установки.

Задача, решаемая изобретением, и достигаемый технический результат состоят в расширении арсенала технических средств комбинированных энергетических установок гибридных автомобилей путем

улучшения их функциональных свойств за счет расширения числа вариантов использования приводных компонентов и повышения энергоэффективности всей установки.

Сущность изобретения заключается в том, что в комбинированной энергетической установке гибридного автомобиля содержатся тепловой двигатель и первый электромотор/генератор, взаимосвязанные между собой с образованием силового блока, который подключен посредством промежуточных средств к одной из колесных осей автомобиля с возможностью выборочного отключения от нее, а также второй электромотор/генератор, связанный с другой колесной осью постоянно. Согласно изобретению, связь между составляющими силовой блок тепловым двигателем и первым электромотором/генератором выполнена с возможностью размыкания и выборочного независимого от другого отключения/подключения каждого из составляющих блока к оси колес.

Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент) Российской Федерации в 2012 г. выдала ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» патент на полезную модель № 118589 «Станция мобильная газозаправочная для обслуживания лазера». Авторы полезной модели – Г.М. Лещинский, В.В. Свищев, Ю.А. Турусов, А.П. Монахов, Е.М. Дятлов, А.Н. Балахонов.

Полезная модель (рис. 3) относится к области обслуживания химических взрывных лазеров (ХЛ). Разработанная

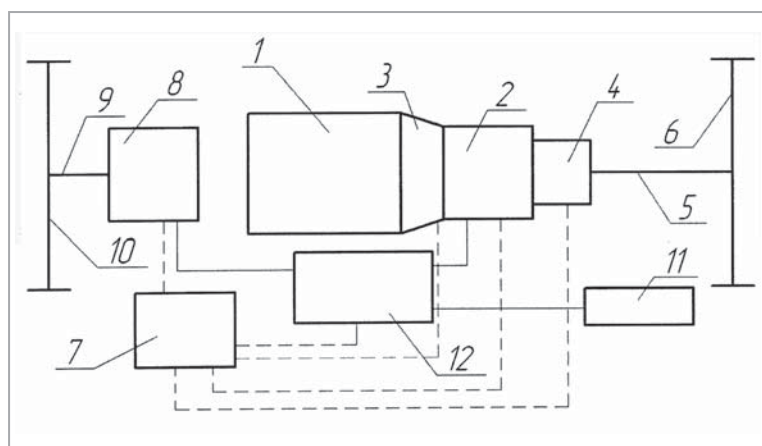


Рис. 2

от нее, а также второй электромотор/генератор, связанный с другой колесной осью постоянно. Согласно изобретению, связь между составляющими силовой блок тепловым двигателем и первым электромотором/генератором выполнена с возможностью

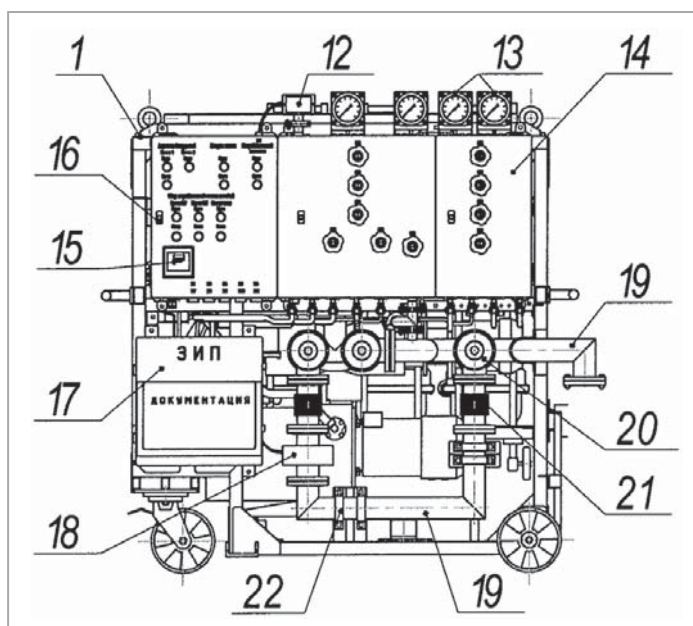


Рис. 3

мобильная газозаправочная станция (СМГ) – это специализированное мобильное средство технического обслуживания лазера, предназначена для консервации лазера (заполнение азотом), подготовки лазера к применению (откачка азота), сбора неотработанной газовой смеси для последующей регенерации. Задачей полезной модели является создание СМГ, представляющей собой моноблок, узлы которого скомпонованы и закреплены на транспортной тележке.

Технический результат – компактность, удобство эксплуатации и надежность работы СМГ, которая обеспечивается возможностью обнаружения мест нарушения герметичности газовакуумных магистралей СМГ.

СМГ размещена на передвижном носителе и оснащена системой вакуумирования и газонапуска, включающей баллоны с необходимыми газами, вакуумный агрегат, комплект контрольно-проверочной аппаратуры, шкаф управления ХЛ. В качестве передвижного носителя использована транспортная тележка. На входе вакуумного агрегата размещен коллектор с сорбционной ловушкой, напускным клапаном и вакуумным клапаном с электромагнитным приводом. Станция снабжена мембранным насосом, компрессором и ресивером, установленными над вакуумным агрегатом, маслоотделителем, течеискателем с баллоном элегаза.

Патентообладателем полезной модели № 121018 «Компрессорная станция углеводородного газа с получением моторного топлива» является ОАО «НИПИгазпереработка» (г. Краснодар). Авторы полезной модели – А.Ю. Аджиев, П.А. Пуртов, Н.С. Бащенко, Л.Н. Карепина.

Полезная модель относится к производству моторных топлив, в частности, авиационного сконденсированного топлива (АСКТ) для газотурбинных двигателей, и может быть реализована на головных, линейных, дожимных компрессорных станциях магистральных трубопроводов природного и нефтяного газа, а также в местах добычи углеводородного сырья.

Компрессорная станция (рис. 4) включает трубопровод подвода углеводородного газа, входной сепаратор, ступень компримирования, содержащую узлы компримирования, охлаждения и сепарации (последний имеет вход и выход сжатого газа, выход углеводородной жидкости, а также запорную и регулируемую арматуру). Выход углеводородной жидкости узла сепарации соединен через регулируемую арматуру с дополнительно установленным блоком получения моторного топлива, состоящим из ректификационной колонны, оснащенной подогревателем низа и узлом орошения ее верха, соединенным с выходом паровой фазы ректификационной колонны и имеющим выход товарной продукции (моторное топливо), который соединен с потребителем и входом для орошения ректификационной колонны, а также имеющий выход газа стабилизации, который в свою очередь соединен с трубопроводом подвода углеводородного газа, или с входом компримированного газа в узел сепарации, или с выходом компримированного газа с компрессорной станции. Кроме того, низ ректификационной колонны и/или подогреватель имеют выход тяжелого остатка.

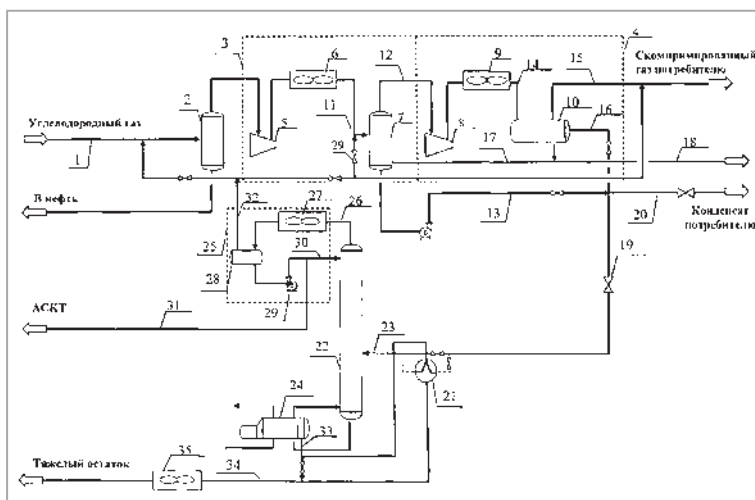


Рис. 4

Описания и формулы изобретений и полезных моделей опубликованы в открытом реестре Роспатента ([www.fips.ru](http://www.fips.ru)).

## Россия подхватила мировой тренд

58

В Санкт-Петербурге 26 июня состоялась юбилейная Десятая международная конференция «Метанол 2015», организованная компанией CREON Energy. Партнером мероприятия выступила компания Air Liquide, поддержку оказали MMSA, СПбМТСБ и «ВНИИ НП».

Российский рынок метанола активно развивается, на данный момент коэффициент использования мощностей приближается к 100 %. Даже продукция завода, запускаемого в нынешнем году, уже полностью распределена между потребителями. Соответственно дальнейший рост рынка возможен только за счет введения в эксплуатацию новых производств, но заработают они не раньше 2019 г.

В приветственном слове глава CREON Energy **Фарес Кильзие** отметил, что город на Неве не случайно был выбран местом проведения конференции по метанолу. На предыдущих мероприятиях эксперты компании указывали, что подобные производства должны размещаться либо в морском порту, либо рядом с ним. По сути это является одним из залогов успеха. Сейчас в Ленинградской области реализуются два проекта по производству метанола, один из которых «Метанол Северный». Соответственно, заключил Ф.Кильзие, логично обсуждать рынок метанола – развитие, ценовую политику, мировые тренды – именно в Петербурге. Он отметил, что в зале присутствуют все основные иностранные партнеры, которые готовы продолжать сотрудничество, несмотря на непростую экономическую и неоднозначную политическую ситуацию.

Управляющий директор по Европе MMSA **Вольфганг Зойзер** представил обзор мирового рынка метанола. В ближайшие годы стимулом роста будут выступать азиатские страны, в основном Китай. Если европейский спрос к 2019 г. ожидается на уровне 10 млн т, то китайский достигнет 70 млн т. В целом мировое потребление метанола

в 2019 г. составит 107 млн т (рост 47 % по отношению к уровню 2014 г.). По словам эксперта, этот скачок объясняется изменением структуры потребления (преимущественно в КНР), в частности, увеличится доля метанола как топлива. Растущий спрос будет удовлетворен за счет новых производств. В.Зойзер отметил, что Китай активно наращивает мощности, главная цель при этом – сократить зависимость от импорта, самостоятельно обеспечивая внутренний спрос на метиловый спирт, и в то же время сохранить баланс мирового рынка метанола. Тем не менее определенная зависимость от импорта все равно остается, она служит своеобразным инструментом регулирования ценообразования.

В текущем году по сравнению с 2014 г. в странах Атлантического бассейна мощности по выпуску метанола увеличатся на 1,3 млн т, а в 2016 г. – еще на 1,7 млн т. В целом же к 2019 г. рост мощностей прогнозируется в объеме около 8 млн т – при условии реализации анонсированных в 2014 г. проектов. Например, в 2015 г. будет осуществлен иранский Kaveh Methanol Project, на данный момент степень готовности предприятия – 80 %. Проектная мощность составляет 7 тыс. т/сут (2,5 млн т/год). Строительство завода ведет National Petrochemical Company (NPC), инжиниринговые услуги предоставляет компания Methanol Casale. Один из наиболее вероятных вариантов применения продукта – использование в качестве моторного топлива на внутреннем рынке. С вводом в строй иранского завода на рынке стран Атлантического бассейна появятся дополнительные объемы метанола (5 млн т), что в значительной степени повлияет на баланс спроса и предложения.

В Северной Америке также ожидается значительное увеличение мощностей – с 1,75 млн т в 2014 г. до 9,8 млн т к 2019 г. В странах Атлантического бассейна спрос на метанол в этом году прогнозируется

на уровне 25,3 млн т. При максимально заявленных мощностях в 44 млн т реальный объем производства составит около 29 млн т. Это связано, прежде всего, с конкуренцией со стороны азиатских производителей. Прогноз на 2016 г. предусматривает незначительный рост спроса (до 26,6 млн т), при этом производство не превысит 30 млн т.

В.Зойзер отметил, что метанол все активнее применяется в качестве топлива – как автомобильного, так и бункеровочного. В Европе с 2015 г. введены строгие ограничения (практически запрет) на содержание серы в топливе для морских судов, а с 2020 г. это станет общемировой практикой. В 2016 г. вступит в силу закон, регулирующий содержание диоксида азота в выбросах. Тем временем ежегодное потребление бункеровочного топлива оценивается в 330 млн т, 80...85 % этого объема содержит серу и подпадает под запрет. А значит, резюмировал докладчик, метанол вполне сможет заменить традиционное топливо: дополнительный спрос на него составит до 80 млн т/год. Например, судоходная компания Waterfront, которой владеет фирма Methanex, уже заказала семь судов на метанольном топливе дедевтором 50 тыс. т каждое.

Докладчик привел пример Исландии, где уже осуществляется выпуск так называемого «экологичного метанола» (Renewable Methanol), в процессе производства которого используется диоксид углерода, вырабатываемый крупными промышленными предприятиями в качестве отходов. Компания CRI, запустившая проект, планирует расширение мощностей для удовлетворения внутреннего спроса на метанол и даже экспорта в европейские страны. Например, в Израиле, Швеции, Дании и Финляндии обсуждается идея использования метанола в качестве энергоресурса. В Германии идет разработка законопроекта по использованию выбросов CO<sub>2</sub> для производства метанола.

Ситуацию на российском рынке метанола обозначила директор департамента аналитики CREON Energy **Лола Огрель**. По итогам 2014 г. в России произведено 3,62 млн т метанола, это на 1,4 % превышает показатель предыдущего

года. Крупнейшими российскими производителями являются «Метафракс» (27,2 %), «Сибметатахим» (22,9 %) и «Томет» (20,9 %), на этих предприятиях метанол выпускается как основной продукт. Другие производители – НАК «Азот», «Щекиноазот», «Акрон», «Невинномысский азот» – ориентированы прежде всего на выпуск аммиака и минеральных удобрений.

Производственные мощности в РФ на начало 2015 г. составили 3,98 млн т, они расположены преимущественно в Приволжском (50 %), Сибирском (23 %) и Центральном (20 %) округах. Помимо России, метанол выпускается в четырех странах СНГ – Белоруссии, Украине, Азербайджане и Узбекистане, суммарный потенциал оценивается в 1 млн т в год. Прогноз до 2030 г. предполагает, что производство метанола в России может достигнуть 7,5 млн т.

Потребление метанола в России по итогам 2014 г. составило 2,1 млн т, что на 4 % ниже показателя 2013 г. На долю десяти крупнейших покупателей приходится около 60 % общего объема потребления товарного метанола. Основным потребителем является производитель изопрена и МТБЭ «Нижекамскнефтехим». В 2014 г. объем переработанного на этом предприятии метанола составил 250 тыс. т. Предприятия холдинга «Сибур» закупили в 2014 г. 275 тыс. т метанола. Входящие в Группу «Газпром» предприятия использовали 230 тыс. т продукта.

В структуре потребления метанола основная доля приходится на формальдегид (35 %), сегмент МТБЭ занимает около 19 %, газодобывающая отрасль 16 %, изопрен 13,6 %.

Экспорт метанола из России в 2014 г. вырос почти на 11 % и достиг 1,5 млн т, что составляет 42 % общего объема производства. Как сообщила Л.Огрель, это связано со снижением внутреннего спроса, от которого традиционно зависит объем поставок зарубежным покупателям. Основной страной-получателем российского метанола в 2014 г. стала Финляндия (почти 50 %), откуда он транзитом отправляется в другие европейские страны. Новым рынком сбыта является Румыния, за четыре года она увеличила потребление российского метанола с 19 до 145 тыс. т. В то же время для нас почти закрылся

турецкий рынок, который сейчас насыщается за счет поставок из Египта, Ирана и Саудовской Аравии.

По словам докладчика, крупнейший российский экспортер метанола – компания «Сибметакхим». Если в 2010-2013 гг. ежегодный объем зарубежных поставок предприятия составлял 360...380 тыс. т, то в 2014 г. он вырос до 415 тыс. т. Также значимыми экспортерами являются «Щекиноазот» и «Метафракс».

Поскольку экспортная составляющая в производстве метилового спирта скоро достигнет 50 %, новые предприятия, которых запланировано немало, будут располагаться в непосредственной близости от портов, в частности, Усть-Луги. По итогам 2014 г. в морскому порту Усть-Луга перевалено почти 80 млн т грузов, в течение ближайших пяти лет этот показатель вырастет до 180 млн т. Сегодня в порту действуют 12 терминалов, проектируются и строятся еще четыре. Это повлечет за собой создание новых рабочих мест, кадры для которых будут также из других регионов. В этой связи в Кингисеппе и Кингисеппском районе ускоренными темпами идет строительство жилья и социальных объектов. Как рассказал глава администрации района **Виктор Гешеле**, территория является площадкой для многих инвестиционных проектов. Обнародованы планы по созданию в регионе нескольких предприятий по производству метанола, карбамида и аммиака. Успех их реализации зависит, прежде всего, от доступности сырья – природного газа. Снабжение портовой зоны Усть-Луга голубым топливом станет возможным после ввода в эксплуатацию газопровода Волхов–Усть-Луга, который Газпром построит для нужд завода «Балтийский СПГ». Ожидается, что магистральный газопровод высокого давления протяженностью 360 км будет снабжать газом и будущие промышленные предприятия региона. Это проекты компаний «Метанол Северный», «Еврохим» (ПГ «Фосфорит»), БКЗ, «Фосагро» и БГХК. Прогнозируемая дата ввода газопровода в эксплуатацию – 2020 г., однако не исключено и ускорение работ в интересах компаний.

Так, завод по производству метанола «Метасев» мощностью 1,65 млн т/год может быть запущен уже в 2019 г. Проект «Метанол Северный» реализуется в Кингисеппском районе Ленинградской области вблизи морского пор-

та Усть-Луга, расстояние до которого 40 км. Инвестором проекта выступает компания «НГСК», оператором – CREON Energy. Как рассказал руководитель проекта **Константин Нижегородов**, лицензиаром технологии по производству метанола (Lurgi Mega Methanol™) является компания Air Liquide, строительство будет осуществлять Renaissance Heavy Industries. Предприятие расположится на промышленной площадке «Алексеевка», которая занимает территорию в 224 га. Основное направление реализации продукта – поставки на экспорт (около 80 %, преимущественно в Европу), которые будут осуществляться через морской порт Усть-Луга. Рассматривается несколько вариантов доставки метанола в порт, основной из них – метанолопровод, трасса которого уже определена.

К.Нижегородов отметил, что уже заключен договор с «Газпром межрегионгаз Санкт-Петербург» на поставку газа в объеме 1,7 млрд м<sup>3</sup>/год.

Говоря о структуре финансирования проекта, докладчик рассказал, что стоимость проекта – более 1 млрд евро, в зависимости от политических условий доля собственных вложений «НГСК» составит от 5 до 30 % общей суммы инвестиций, остальное – заемные средства от российских и международных финансовых институтов.

Как сообщила региональный менеджер департамента газохимии и нефтехимии «Хальдор Топсе» **Александра Карягина**, к успешно реализованным проектам компании в России относится установка производства метанола в «Щекиноазот» (мощностью 450 тыс. т/год). Она была запущена в октябре 2011 г. и уже в 2014 г. работала на 106 % проектной мощности. Там же, в «Щекиноазот», построена установка производства водорода с отделением очистки от CO<sub>2</sub>. В 2017 г. будет запущено интегрированное производство аммиака и метанола ИМАР (мощность по метанолу – 1350 т/сут, по аммиаку – 415 т/сут). Еще одно производство метанола и аммиака по технологии «Хальдор Топсе» в 2015 г. будет введено в эксплуатацию в Татарстане на аммиачно-карбамидном комплексе в Менделеевске. В сутки предприятие будет выпускать 2050 т жидкого аммиака без производства метанола и 1400 т при производстве метанола. Производство же самого метанола составит 670 т/сут.

В 2018 г. в Туркменистане будет запущен завод по производству бензина из природного газа по технологии «Хальдор Топсе». Коммерческая установка TIGAS-GTG1 будет выпускать минимум 1800 т бензина в сутки и 290 т СУГ.

Air Liquide предлагает современные технологии получения и переработки метанола, рассказал директор по развитию этой компании **Маггиас Штайн**. Так, технология Lurgi MTP компании Air Liquide интегрирована в технологию Lurgi Mega Methanol, основным продуктом является пропилен, возможно получение небольших объемов этилена, бензина и СУГ в качестве попутных продуктов. Сейчас она применяется в США при строительстве установки по переработке газа в пропилен для компании BASF, мощность составит 475 тыс. т/год. Следующие установки MTP/МТО планируется построить в России, Ираке, Иране и Центральной Азии.

Компания Air Liquide продвигает на рынке технологию MTG (переработка метанола в бензин) компании ExxonMobil совместно с технологией Lurgi Mega Methanol. Установка по производству метанола мощностью 5 тыс. т/сут позволяет получить 650 тыс. т/год бензина, который практически не содержит серы. Сейчас уже запущена и эксплуатируется одна установка (100 тыс. т/год), еще одна установка (1 млн т/год) строится – обе установки находятся в Китае.

По словам М.Штайна, в будущем могут стать реальностью технологии переработки метанола в ароматические соединения (целевым продуктом является парахилон).

В 2014 г. суммарный объем метанола, который потребовался для производства формальдегидных смол (с учетом выпуска формалина и КФК), составил 750 тыс. т, рассказала директор департамента аналитики CREON Energy Лола Огрель. Наибольший объем переработки пришелся на долю «Метафракса», его дочерние предприятия являются крупнейшими российскими производителями формальдегидных смол. На «Сибметахиме» в связи с остановкой производства смол для реконструкции весь произведенный метанол был отправлен потребителям.

Китай является мировым лидером не только по объему выпускаемого метанола, но и по широте сфер его применения. Одна из них – это использование метанола при производстве различных видов

топлив для автомобилей с бензиновыми двигателями. В Китае внедряются провинциальные стандарты, регламентирующие содержание метанола в широких пределах – вплоть до 85 %. Возможен ли подобный опыт в России? На этот вопрос инженер лаборатории по разработке перспективных и специальных бензинов «ВНИИ НП» **Дмитрий Потанин** ответил так: «Сегодня – нет, но в перспективе все может измениться. Метанол – это самый дешевый среди октаноповышающих кислородсодержащих компонентов бензинов при производстве их из природного газа, угля или непищевой биомассы. Китай богат углем и поэтому уже сегодня делает ставку на топливный метанол. В России пока хватает нефти, но не стоит забывать, что по запасам всех трех приведенных сырьевых источников наша страна – абсолютный лидер, отсюда и перспективы метанола.

Помимо Китая, разные страны устанавливают свои нормы на предельно допустимое содержание метанола в бензине: в странах Таможенного союза это не более 1 %, а в Европе – не выше 3 %. В лаборатории «ВНИИ НП» разработана октаноповышающая добавка к автомобильному бензину на основе МТБЭ или ТАМЭ и метанола. Использование добавки обеспечивает рост октанового числа в среднем на 10 % по сравнению с МТБЭ или ТАМЭ и снижает стоимость вводимых оксигенатов на 20 %. Дополнительно добавка содержит в своем составе антикоррозионную присадку, которая придает защитные свойства бензину.

«Россия наконец-то подхватила мировой тренд – относиться к метанолу не только как к сырью, но и как к важному и ценному источнику энергии, – резюмирует итоги конференции Фарес Кильзие. – Все большее распространение получает идея использования метилового спирта в качестве бункеровочного топлива и при производстве автомобильных бензинов. Замена судового топлива метанолом – уже реальность, его добавление в бензины – близкая перспектива. Пока что в нашей стране это законодательно запрещено, однако усилиями производителей – как нынешних, так и будущих – ситуация может измениться. Уже в обозримом будущем есть вероятность того, что метанол в России станет широко используемой добавкой к бензинам».

# Развивая новые направления

62

В Москве 21 мая состоялась пятая международная конференция «Промышленные газы 2015», организованная компанией CREON Energy. Партнером выступила компания «Газпром газэнергосеть», информационными спонсорами – Oil&Gas Journal Russia и Offshore Russia.

Санкции, направленные против отечественной промышленности, создали уникальную ситуацию для развития таких проектов в России, которые дают возможность компаниям получать промышленные газы в нужных объемах и сохранять средства для инвестиций в основной бизнес.

Открывая традиционное мероприятие, генеральный директор CREON Energy **Санджар Тургунов** отметил, что рынок промышленных газов демонстрирует свой рост за счет реализации проектов on-site (на месте). «Если еще несколько лет назад они были под силу исключительно западным компаниям, то сейчас можно смело заявить, что с ними вполне успешно справляются и отечественные фирмы. Схема продажи промышленных газов по системе on-site прочно закрепилась в России, и крупные потребители стараются реализовывать свои проекты именно по данной схеме. Этому также способствует и тот факт, что существующая техника начинает постепенно выходить из строя. Таким образом, на сегодняшний день у отечественных производителей оборудования, несмотря на не самую благоприятную экономическую ситуацию в стране, есть возможность занять серьезную нишу на рынке промышленных газов и укрепить свои позиции, забрав к себе под крыло если не все проекты, то большую их часть».

Также С.Тургунов подчеркнул, что компания «Газпром» уделяет серьезное внимание рынку промышленных газов, и выразил надежду на то, что финансовая и организационная мощь отечественного газового монополиста позволит

интенсивно развивать этот рыночный сегмент.

В рамках своего доклада, посвященного основным тенденциям рынка технических газов, заместитель начальника управления газификации и переработки газа, начальник отдела перспективных разработок ОАО «Газпром газэнергосеть» **Николай Геско** газвал реиндустриализацию в качестве главной проблемы промышленного производства. Многие предприятия, выпускающие технические газы, используют советское оборудование, которое было введено в эксплуатацию в 70-80-х гг. прошлого века. За прошедшие с того момента годы данные установки полностью выработали свой ресурс. По словам докладчика, снижение ставки рефинансирования, принятое в конце января текущего года, приведет к промышленному росту в 2016 г. Намеченная тенденция позволит в будущем сделать кредиты доступными для тех, кто занимается инвестиционными проектами.

Нынешняя экономическая ситуация в стране способствовала тому, что российские компании стали обращаться не к иностранным, а к отечественным поставщикам. «Наступило благоприятное время для того, чтобы занять нишу на рынке оборудования по выпуску технических газов. Но данный процесс должен решаться не путем административного давления или установления монопольной цены, а исключительно рыночными методами», – отметил представитель компании «Газпром газэнергосеть». Товар должен соответствовать лучшим мировым образцам и обладать долгим сроком службы. Помимо этого, необходимо наладить сервис, в том числе поставку запчастей и послепродажное обслуживание.

Докладчик обратился с рядом предложений к российским производителям, в том числе к «Криогенмашу». Прежде всего, по его мнению, крупные

производители оборудования должны стремиться к унификации производства, чтобы машиностроителям не приходилось изобретать что-то новое, а заказчик мог бы из имеющихся заготовок собирать готовое оборудование. Задача – максимально снизить стоимость предлагаемого оборудования. Производители должны участвовать в обучении персонала заказчика, обеспечивать пусконаладочные работы, принимать участие в послепродажном обслуживании и предлагать комплексные технические решения, чтобы продвигать свою продукцию на рынке.

Также Н.Геско считает, что отечественные компании-производители должны по максимуму использовать международный опыт с целью привлечения потребителей. Имея связь с потребителями, нужно разрабатывать типовое оборудование различного направления, чтобы была возможность в случае непредвиденной ситуации своевременно произвести его замену или купить новое. Подход должен быть комплексным, следует предоставлять потребителю спектр различных решений.

Отвечая на предложения представителя «Газпром газэнергосеть», начальник управления НПО «Криогенмаш» **Александр Мазин** сказал, что компания является частью мирового рынка и без конкуренции не обойтись. Как бы ни хотели отечественные производители, чтобы государство вмешалось и ограничило поставки из-за рубежа, сделав выбор в сторону исключительно отечественных производителей, такому не бывать. А в некоторых случаях государство само невольно поддерживает иностранных производителей, разрешая, к примеру, не облагать ввозимое оборудование НДС. В свою очередь Криогенмаш готов оказывать все необходимые услуги своим клиентам, включая обучение заказчиков эксплуатации своего оборудования. Для этих целей у Криогенмаша есть собственный учебный центр.

Основная часть доклада А.Мази́на была посвящена рынку технических газов РФ. Объем российского рынка реализуемых технических газов оценивается в размере около 34,2 млрд руб. Из них Air

Liquide занимает 13 %, Linde Gas – 10 %, Praxair – 5 %, Криогенмаш – 4 %, Air Products – 1 %. Средний ежегодный рост российского рынка технических газов с 2003 г. составил 10,7 %. Согласно оптимистическому прогнозу, ежегодный рост данного рыночного сегмента до 2020 г. составит 8,3 %. При пессимистическом он будет оцениваться в 6,1 %.

По итогам деятельности в 2014 г. основных участников рынка технических газов, среди которых такие производители газов on-site как Air Liquide, Linde, Praxair, Air Products и Криогенмаш, можно судить об увеличении доли on-site – с 6 % она выросла до 9 % всего производства техгазов в России.

В прошлом году продажи технических газов на Криогенмаше выросли в 1,5 раза по сравнению с 2013 г. и составили 1,5 млрд руб. Данный показатель позволил компании занять место среди «большой четверки» лидеров-производителей техгазов on-site в России с долей 17 % в этом сегменте. На сегодняшний день Криогенмаш занимается реализацией следующих on-site проектов: Таганрогский металлургический завод (ТМК); Ижорская промышленная площадка; Томскнефтехим («Сибур»); «ТулачерметСталь» (ввод в эксплуатацию планируется в 2016 г.). Среди реализованных проектов – Северский трубный завод («ТМК») и Первоуральский новотрубный завод (Группа ЧТПЗ). Бюджет каждого из проектов – более 30 млн евро.

Также А.Мазин сообщил участникам конференции, что Криогенмаш готов выкупить ранее установленное оборудование (причем не только собственного производства, но и сторонних производителей) и обеспечить заказчикам стабильные поставки технических газов. Компания может принять оборудование в управление, заменять или модернизировать его, предоставляя заказчику требуемый ассортимент и количество технических газов.

Ведущий научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт» **Игорь Кириллов** в рамках своего доклада рассказал о планируемом совместном



проекте ТП КБПЭ (Технологическая платформа «Комплексная безопасность промышленности и энергетики»), Российского союза промышленников и предпринимателей и Ростехнадзора по совершенствованию отечественной нормативной базы относительно систем управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах. В рамках проекта предполагается разработать следующие документы: «Основополагающие принципы промышленной безопасности»; набор унифицированных модельных стандартов «Комплексная система управления промышленной безопасностью на опасных производственных объектах»; набор стандартов «Стойкость (resilience) технических систем к множественным опасным воздействиям». Все перечисленные нормативные документы направлены на повышение уровня безопасности производственных объектов на основе современных научных подходов с учетом лучшей мировой практики.

В своем выступлении член Общественного совета при Росстандарте, президент Национальной ассоциации водородной энергетики **Александр Раменский** сообщил, что в настоящее время в России действуют 22 национальных стандарта в области водородных технологий и топливных элементов. Десять проектов документов находятся в стадии разработки. Четыре из существующих стандартов определяют требования для физических и химических свойств водорода в качестве коммерческого продукта. Два – устанавливают требования к водороду как топливу для различных типов электростанций. Разработка современных стандартов, регламентирующих использование водорода в качестве топлива, является важным фактором реализации технической политики России в области водородных технологий. Действующая в нашей стране система стандартизации в данной области направлена на создание безопасных условий производства, хранения, транспортировки и использования водорода в различных сферах народного хозяйства.

Интерес к водородным технологиям в России и во всем мире растет. Вводятся крупные объекты по производству водорода в различных отраслях. Однако интерес у российских производителей

к вопросам технического регулирования необоснованно низкий. Помощь от участников рынка промышленных газов в формировании нормативно-технической базы водородных технологий и топливных элементов отсутствует. По словам А.Раменского, он обращался с этим вопросом во многие компании, «но они лишь разводили руками».

Руководитель направления продаж медицинских газов «Линде Газ Рус» **Сергей Маврешко** посвятил свой доклад проблемам этой сферы деятельности. Он также коснулся нормативно-правовых проблем в обращении лекарственных средств, в частности, медицинских газов.

По итогам докладов состоялся круглый стол по применению промышленных газов в различных сегментах. Представитель Минпромторга **Александр Резниченко** ответил на вопросы, прозвучавшие в ходе выступлений.

Начальник газовой службы НИИ им. Склифосовского **Алексей Козырев** в рамках круглого стола сообщил, что институт на протяжении многих лет тесно сотрудничает с Linde Gas. По его мнению, единственным минусом поставляемого оборудования является то, что стандартные стальные баллоны российского производства достаточно тяжелые, а на облегченные композитные, которые производятся за рубежом, не хватает денежных средств.

О состоянии дел в компании «КуйбышевАзот» участникам круглого стола рассказал **Алексей Гармаш**, начальник цеха разделения воздуха. В 2013 г. был подписан договор с американской компанией Praxair о создании совместного предприятия, которое будет ориентировано на производство технических газов как для установок «КуйбышевАзота», так и для реализации сторонним потребителям. В 2014 г. начались строительные работы. Реализация данного проекта позволит увеличить производство газообразного азота для нужд предприятия на 30 %, жидкого аргона на 50 %, а производство жидкого кислорода возрастет в 8 раз. В скором времени компания планирует вывести из эксплуатации блоки разделения воздуха производства 80-х гг. прошлого века, так как их использование экономически нецелесообразно из-за большого энергопотребления.

У «ЕвразХолдинга» большая рыноч-

ная доля по редким газам, поскольку оба входящие в холдинг предприятия имеют установки по выделению данного вида продукции, сообщил в ходе круглого стола **Сергей Басалов**, начальник департамента сырья. В 2011 г. «ЕвразХолдинг» и компания Praxair заключили контракт на реализацию on-site проекта по производству кислорода на территории холдинга. Пуск запланирован в текущем году.

О сегменте инертных газов рассказал генеральный директор компании «Хром» **Михаил Савинов**. Организация занимается производством криптона, ксенона, а также сверхчистых газов (аргон, кислород и т.д.). Компания поставляет ксенон для российских космических аппаратов. По его словам, потребление криптона, используемого в электроламповой промышленности, в стране упало.

Далее в ходе конференции специалист по системе управления качеством проектного института «Гипрокислород» **Артём Быков** выступил с докладом, посвященным вопросам безопасности эксплуатации криогенного оборудования. Одной из основных проблем в данной области докладчик называет отсутствие высококвалифицированных специалистов, обладающих знаниями и навыками работы с криогенной техникой. Также выступающий отметил тот факт, что большое количество иностранного оборудования, ввозимого в страну, не получает нужных разрешительных документов. Оно не соответствует правилам технических регламентов и подлежит изъятию. Перечисленные проблемы рассматриваются в техническом комитете «Кислородное и криогенное оборудование» Росстандарта, в состав подкомитетов которого входит «Гипрокислород».

Директор по развитию компании Siad Rus **Сергей Булавинов** представил краткий обзор продукции, выпускаемой на предприятии. За последнее время фирма создала целую линейку жидкостных криогенных ВРУ, которые позволяют осуществлять монтаж в течение 15 дней, а также работать в удаленных районах без участия оператора. Кроме того, значительно расширились диапазоны традиционного оборудования (газоразделительные и компрессорные установки). На сегодняшний день компания занимается поставками специальных

газов и поверочных газовых смесей из Италии в Россию. Также компания предлагает собственные технологии малой и средней мощности по подготовке природного газа и его ожижению.

**Елена Шеина**, инженер технологического отдела «Омскнефтехимпроекта», рассказала о получении водорода из газов техногенного происхождения. Реализация процессов углубления переработки нефти и получения моторных топливных фракций невозможна без водорода высокой степени очистки, так как катализаторные системы, применяемые в этих процессах, очень чувствительны к примесям в водороде. Получить водород можно разными способами, но самым распространенным считается паровая конверсия углеводородного газа. Основными стадиями производства водорода методом паровой каталитической конверсии углеводородных газов являются: компримирование исходного газа; очистка от сернистых соединений; паровая конверсия углеводородных газов; конверсия оксида углерода; очистка полученного водорода; компримирование технического водорода. Докладчик также рассказала об опыте компании по реконструкции установки производства водорода на Московском НПЗ компании «Газпромнефть». Мониторинг блока очистки установки производства водорода показал, что при нагрузке 18,4 т/ч получается 2,6 т/ч технического водорода с чистотой 95,6 %, что соответствует требованиям предприятия, но не удовлетворяет требованиям технологического процесса установки каталитического крекинга Г-43-107.

Подводя итоги конференции, директор департамента газопереработки CREON Energy **Ирина Петрова** подтвердила, что отечественный рынок промышленных газов сегодня является привлекательным бизнесом, и поставщики уверены в его перспективах. Именно сейчас у российских компаний есть реальная возможность и потенциал изменить его структуру, развивая новые направления и делая ставку на on-site проекты. А будет ли соответствовать качеству заявленная продукция и сможет ли она конкурировать с западными компаниями, предстоит узнать в ближайшем будущем.



# Автопробег «Голубой коридор – 2015»

Е.Н. Пронин, главный специалист ООО «Газпром экспорт»

Завершился автопробег «Голубой коридор – 2015», прошедший по маршруту Санкт-Петербург – Москва – Минск – Варшава – Берлин – Ганновер – Амстердам – Париж и обратно в Россию, протяженностью около 7000 км. Автопутешествие продлилось в общей сложности 14 дней и стало девятым по счету с начала первого автопробега в 2008 г. В Минске, Варшаве, Потсдаме, Париже и Лейпциге прошли круглые столы, презентации и брифинги для прессы.

В 2015 г. замысел автопробега был сконцентрирован на мероприятиях в рамках 26-го Мирового газового конгресса и Мировой газовой выставки. Это и определило особенности этого автопробега – единого места финиша и старта не было. Поэтому официальная церемония финиша прошла 3 июня в Парижском экспоцентре.

Первым 23 апреля из Набережных Челнов в направлении Москвы вышел раллийный КАМАЗ на КПП ООО «РариТЭК» – тот самый, который в 2014 г. участвовал в автопробеге «Адриа – Балтия».



Раллийный КАМАЗ на КПП заводского изготовления

24 мая в Санкт-Петербурге стартовала вторая машина – Фольксваген Пассат компании «Газпром газомоторное топливо». За рулем газомобиля был многоопытный Александр Смирнов. В качестве второго пилота – штурмана-связиста – выступил Артём Ивакин. Как известно, Пассату заводского изготовления хватает метана на 400...450 км, да еще примерно 600 км он проедет на бензине. Поскольку у нас был газовый автопробег, мы старались максимально использовать в качестве топлива природный газ.

Еще двадцать лет назад на северо-западе России (Вологодская, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининградская, Смоленская области и Санкт-Петербург) работала 21 АГНКС, в том числе 7 в самом Питере. Сейчас всего четыре АГНКС остались только в Смоленске, Твери, Новгороде и Санкт-Петербурге и принадлежат они ОАО «Газпром нефть». Известны планы ряда компаний в ближайшие годы построить новые станции.



АГНКС-500 в Новгороде Великом

Кстати, Великий Новгород имеет успешную газомоторную историю. Первый пробег «Голубой коридор», организованный в 2008 г., также проходил через этот город. В администрации области состоялся круглый стол и выставка газовой техники. Новгородцы тогда с интересом отнеслись к теме газификации транспорта. Сегодня в Новгороде на КПП работают более 100 пассажирских ЛИАЗов. Таким образом, в Новгороде при населении около 220 тыс. жителей на КПП уже работают 57 % общественного транспорта! Новгородская АГНКС сегодня полностью загружена.

25 июня из Москвы уходили уже четыре машины. К питерскому Пассату присоединились Челнинский КАМАЗ (ООО «РариТЭК»), московское газовое такси Ford Mondeo (компания «СОЛТ») и символ российско-германского газомоторного сотрудничества VW Passat (E.ON), участвующий в пробегах с 2010 г. Местом сбора была назначена ближайшая к Москве АЗС на трассе М1. Однако не у всех получилось прибыть сюда вовремя, и машины пошли на Запад двумя группами.

Сегодня состояние трассы М1 – вполне удовлетворительное. Инфраструктура достаточно развита. Вот только от Москвы до Смоленска нет ни одной АГНКС. Задумки поставить станцию в Вязьме до сих пор, к сожалению, не реализованы.

Компания «СОЛТ» направила в автопробег газовое такси Ford Mondeo с экипажем из компании «АТС – Альтернативные топливные системы» (Тольятти). «СОЛТ» эксплуатирует в Москве уже более 200 газовых автомобилей различных марок. Общий план предусматривает доведение корпоративного парка до 600 газовых машин.

Смоленская дорога – знаменитая. По ней к нам издревле приходят прощенные и непрощенные гости. Непрошенных провожаем обратно. Памятников тому на этой дороге много.



Первая группа на Минском шоссе слева направо: Владимир Татаркин (Торжок), Валерий Чулков, Максим Жарков (Набережные Челны), Андрэ Шуманн (Эссен)



Метановое такси Ford Mondeo

Заезжающим в Смоленск за природным газом нужно знать, что смоленская АГНКС расположена крайне неудобно, как и многие станции советских времен. Найти ее с первого раза сложно, несмотря на помощь навигатора и карты. Знаков и указателей нет практически никаких. Говорят, эту АГНКС будут закрывать, когда на трассе появится новая. Когда и где – неизвестно.

На российско-белорусской границе нас встретил давний друг, коллега и ветеран автопробега «Голубой коридор» из ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» Петр Аннюк на газовом автомобиле VW Caddy.

26 мая организаторы по традиции провели в Минске круглый стол

и выставку газовых машин. На мероприятие были приглашены представители минтранса, минэнерго, минприроды Республики Беларусь, транспортных предприятий города. На круглом столе выступили Евгений Пронин (ООО «Газпром экспорт»), Ирина Иванова (ООО «Газпром газомоторное топливо»), Дмитрий Аннюк (ООО «Газпром трансгаз Беларусь»), Андре Шуманн (E/ON Global Commodities).



Выставка газовых автомобилей в Минске

Белорусские друзья заправили наши машины компримированным метаном на одной из АГНКС Минска. И там мы увидели автомобиль Hummer, переоборудованный для работы на КПГ. Интересно, что эта машина когда-то принадлежала корпусу морской пехоты США. Владелец рассказал, что перейти на метан его «заставила нужда». Еще бы! Расход топлива составляет минимум 20 л на 100 км.



Метановый Hummer

26 мая во второй половине дня автопробег прибыл в Варшаву. Там мы заправились на АГНКС польской нефтегазовой компании PGNIG. На этой варшавской АГНКС принимают только наличные и только в местной валюте. Цена КПГ составляет 3,29 злотого (0,79 евро). В Польше очень популярен СУГ. Его стоимость составляет примерно 0,43 евро/л. Цены неэтилированного бензина и дизельного топлива равны соответственно 1,51 и 1,10 евро/л.

На варшавской АГНКС заправляется индивидуальный и корпоративный транспорт. При нас на заправке побывали четыре или пять мусоровозов, такси, почтовая машина и, конечно, частные легковые машины.

Коллеги из компании Gazprom Germania организовали для участников автопробега техническую экскурсию в автобусную компанию MZA, отмечавшую в эти дни свое 95-летие. На территории парка завершается строительство стационарной заправки автобусов сжиженным метаном. В Варшаве эксплуатируется 35 автобусов на СПГ. Их заправляют от мобильной станции.



АГНКС PGNIG в Варшаве

После общения с журналистами, а это является одной из главных задач проекта «Голубой коридор» – снова и снова рассказывать о преимуществах природного газа, участники автопробега запустили двигатели и отправились в Познань, что на западе Польши. И оттуда утром 27 мая автокараван выехал в Потсдам.

АГНКС Познани расположена удобно – на окраине города близко от магистрали Варшава – Берлин. Станция принадлежит все той же компании PGNIG. Здесь одновременно могут заправляться четыре автомобиля. Заправку машин осуществляет штатный наполнитель. Еще одним удобством является то, что здесь принимают кредитные карты. Цена на КПГ такая же, как и в Варшаве, – 0,79 евро/м<sup>3</sup>.



АГНКС PGNIG в Познани

На АЗС компании Total в Потсдаме наши коллеги из Gazprom Germania установили компрессорно-заправочное оборудование Schwelm и превратили станцию в многотопливный заправочный комплекс. А встречал нас давнишний друг Макс Ланге

со своей знаменитой метановой кофеваркой. Макс участвует в автопробегах «Голубой коридор» уже третий раз. В этом году он будет угощать своим замечательным кофе участников Мирового газового конгресса в Париже.

Как уже говорилось, в Германии к нам присоединились несколько новых для «Голубого коридора – 2015» газовых машин. Организатором мероприятия компанией Gazprom Germania был представлен автомобиль Audi g-tron со сменным экипажем.



Газовый автомобиль Audi g-tron

В автопробеге была представлена еще одна немецкая газовая компания – Verbundnetz Gas AG (VNG). Она является одним из крупнейших игроков на газовом рынке Германии. VNG владеет десятью АГНКС на территории Германии. В автопробеге от этой компании участвовал автомобиль Opel Zafira с прицепом. А в прицепе знаменитая лейпцигская корова – символ приверженности компании VNG природоохранным принципам. Эта корова прошла (проехала) с нами не одну тысячу километров по Европе. Она побывала с машинами автопробега «Голубой коридор» в Берлине, Брюсселе и теперь в Париже.



Автомобиль Opel Zafira на КПГ (с прицепом)





Зеленая корова VNG

Новым для автопробега «Голубой коридор» стало появление семейного экипажа. Сергеев Колину составила компанию его жена Надежда на газовом VW Passat. Семья представляла итальянскую «дочку» Газэкспорта Promgas S.A.

В Потсдаме к нам присоединилась группа газомобилей из Италии. Известная компания Savagna Group откомандировала в автопробег автомобиль FIAT-500 на КПГ.

Коллеги из компании Gazprom Germania заправили наши автомобили природным газом, провели техническую экскурсию по станции, накормили нас завтраком, который мы запили кофе от Макса Ланге (назовем этот рецепт Espresso Metano). И пусть метановый кофе станет официальным напитком автопробега «Голубой коридор».

После Потсдама мы направили свои машины дальше на запад. Через пару дней мы уже заправлялись на многотопливной АЗС бельгийской компании DATS24. Компания эксплуатирует более 120 АЗС по всему королевству, включая 24 заправочных поста КПГ. Территория Бельгии (30,5 тыс. км<sup>2</sup>) в 561 раз меньше территории России (1 712,5 тыс. км<sup>2</sup>). Однако протяженность автомобильных дорог Бельгии (152 тыс. км) всего в 9 раз меньше чем в России (1 396 тыс. км). Плотность сети АГНКС в Бельгии практически такая же, как в России: одна АГНКС на 6,3 тыс. км дорог в Бельгии против одной АГНКС на 5,2 тыс. км в России. Компания DATS24 объявила о программе строительства еще 50 постов заправки в ближайшие три года. Это в три раза повысит плотность национальной сети заправок КПГ.



Голландский ретрокабриолет

А еще на подъезде к Амстердаму мы встретили великолепный ретроавтомобиль. До этого на дороге он был единственной приманкой для глаз. И тут его обогнали несколько раскрашенных автомобилей, которые тут же перехватывали внимание. Хозяин, кажется, немного ревниво отнесся к нашим газовым машинам. Еще бы – конкуренты!

29 мая на фоне майского завершения национальных футбольных кубков в ряде стран Европы участники автопробега

«Голубой коридор – 2015» не могли не провести свой футбольный мини-кубок «Метановый мяч» на одной из парковок в Нидерландах. В матче приняли участие игроки из России, Германии, Италии. Победил...природный газ! Кстати, за итальянский флаг сражались русские легионеры, если использовать футбольную терминологию.

Из интересных проектно-планировочных решений мы увидели одну новинку в Амстердаме. По атласам и интернету мы узнали, что ближайшая к нашей гостинице АГНКС расположена на улице Изоляторной (Isolatorweg), – оказывается на Западе тоже есть такие «романтические» названия, а еще рядом бегут улицы Аккумуляторная, Генераторная, Кабельная и т.д. Приехали, а станции не видно. Спросить некого. Суббота. Промышленный район. Мы никогда не нашли бы станцию, если бы не выслали пешую разведку. За углом на тротуаре стоит заправочная колонка-автомат. Больше ничего! Вся технология спрятана за раскрашенным забором на промплощадке.

Такого раньше видеть не приходилось. В условиях дефицита земли голландцы (а они знают это лучше многих других) принимают нормы и правила, исходя не из интересов разных местных «надзоров», а из удобства клиентов. Разве можно представить себе, что подобная схема может быть принята, например, в российской глубинке?



Та самая заправочная колонка-автомат

Во второй половине субботы 30 мая после 3800 км пути наш газовый караван вошел в Париж и, немного поплутав, добрался до выставочного центра, где 1 июня открылась Мировая газовая выставка – главная цель нашего путешествия. В этот день проходили различного рода протокольные мероприятия, проводились заседания ассоциаций, работали журналисты. Мы расставили автомобили, участвовавшие в автопробеге «Голубой коридор – 2015», внутри выставочного павильона в так называемой «Газомоторной деревне» (NGV Village).

### Газовые автомобили на Мировой газовой выставке в Париже

А 2 июня открылся 26-й Мировой газовый конгресс и Мировая газовая выставка. Впервые в истории конгресса в закрытом павильоне были выставлены газовые автомобили, большинство из которых прибыли в Париж в составе автопробега «Голубой коридор».

Практически все посетители Газомоторной деревни – президент Международного газового союза, руководители Мировой, Европейской и Американской газомоторных ассоциаций, топ-менеджеры ведущих нефтегазовых компаний, специалисты из различных отраслей экономики – сошлись во мнении, что без машин и экипажей автопробега «Голубой коридор – 2015» выставка газовых машин была бы непредставительной по числу и составу техники. В общей сложности на выставке были показаны более 20 автомобилей различного назначения: легковые, грузовые, автобусы и даже спортивный Фольксваген, участвовавший в гонках на Кубок Сирокко.



В Газомоторной деревне

Автопробег стал знаковым событием европейского масштаба. Посетители убедились в возможностях автомобильной промышленности удовлетворить широкий спектр потребностей автоперевозчиков в пассажирской, грузовой, городской, междугородной и международной, муниципальной технике, коммунальных и строительных машинах. На церемонии официального финиша газомоторного ралли присутствовали и выступали высокие представители организаций и компаний.



Слева направо: CNG Iveco Daily, CNG Scania tractor



Слева направо: LNG Solcity bus, CNG FIAT Ducato



Слева – направо: президент МГС Жером Ферьер, председатель совета директоров Мировой газомоторной ассоциации Майк Галлахер, председатель совета директоров Европейской газомоторной ассоциации Герхард Хольтмайер

После торжественных речей по традиции, начатой в 2010 г. руководителями Газпрома и E.ON, высокие гости наклеили на флагманский автомобиль логотип автопробега. В бортовой журнал внесена новая запись о том, что участники проекта преодолели на метане еще почти 7 тыс. км.

За годы существования проекта «Голубой коридор», начавшегося в 2008 г., газовые автомобили проехали более 35 тыс. км по 96 городам Европы. С 2012 г. организация автопробега поручена головному внешнеэкономическому обществу Газпрома ООО «Газпром экспорт». С немецкой стороны автопробег координирует компания E.On Global Commodities. Это вполне логично, поскольку эти компании осуществляют ряд совместных проектов.

Организаторы конгресса и хозяева Газомоторной деревни предоставили участникам автопробега сделать презентацию в ходе семинара по вопросам использования природного газа в качестве моторного топлива. Игорь Майницкий (ООО «Газпром экспорт»), Детлеф Веслинг (E.On) и Станислав Уржумцев (ООО «Газпром газомоторное топливо») рассказали о проекте «Голубой коридор» и роли своих компаний на рынке КПП и СПГ.

Мировой газовый конгресс завершил свою работу. На выезде из Парижа компания GNVert, входящая в группу ENGIE, заправила нас компримированным метаном на АГНКС в Берси. На этой станции мы уже были во время прошлого



Традиции есть традиции. Будем клеить!

автопробега. По-прежнему заправиться тут могут только те, у кого есть корпоративная карта ENGIE.

Обратный путь лежал через Франкфурт-на-Майне в Лейпциг. В понедельник 8 июня участников автопробега пригласил на завтрак Ханс-Йоахим Польк, член правления по развитию инфраструктуры и технологий компании VNG. Г-н Польк выразил заинтересованность в развитии использования природного



«Крестные родители» автопробега «Голубой коридор» – вице-президент компании E.On Global Commodities Уве Фипп и генеральный директор ООО «Газпром экспорт» Елена Бурмистрова



На встрече в компании VNG

газа в качестве моторного топлива. Кстати, его служебный автомобиль работает на метане.

Завершающее сильное впечатление от автопробега произвела 18-километровая вереница фур, ожидающих своей очереди с российской стороны границы на пропускном пункте Бурачки/Терехово Рижской трассы.



Очередь в Латвию

Вечером 11 июня, точно по графику, головная машина пересекла административную границу Москвы. 9-й Международный автопробег газовых машин «Голубой коридор – 2015» успешно завершился. До следующих путешествий!

## Abstracts of articles

P. 13

### Import phaseout in the gas stations construction industry

#### Implementation examples in decisions of scientific and production corporation «LENPROMAVTOMATIKA»

Dmitri Tsudikov

SPC «LENPROMAVTOMATIKA» is on the market of natural gas motor fuel since 2000. During this time, the company has evolved from renovation of automatics for CNG filling station Soviet-built to the design and construction of new stations turnkey including the production manufacturing machinery. The company has worked with most of the subsidiaries of Gazprom, having on balance CNG filling stations, as well as private customers.

**Keywords:** natural gas, natural gas motor fuel, NGV filling station (CNG filling station).

P. 18

### CNG Market development in presence regions Close Joint Stock Company «Gazpromneft – Alternativnoe toplivo»

Dmitry Kolodyazhny

CJSC «Gazpromneft – Alternativnoe toplivo» is a structural division of JSC «Gazprom Neft» leading business administration for the implementation of CNG and enhancing network construction AZS projects with CNG module. Order on the creation of this subsidiary structural division was signed in 2013. Retail network GPN-AT consists of four CNG stations, 3 AZS with CNG module and 5 CNG filling stations of third-party GPN-AT partners. Presence regions of GPN-AT: St. Petersburg, Tver, Smolensk, Veliky Novgorod, the Leningrad region.

**Keywords:** natural gas, gas fuel, NGV filling stations (CNG filling stations).

P. 20

### Features of experience in the design and construction of NGV infrastructure in the North Caucasian region

Ramazan Magomedov

Engineering company LLC «GaZTeh» was founded in 2008 by a group of engineers in the field of gas processing, which have had the experience of relevant work in the world's largest companies, such as Total, Petronas, Gazprom. The company is currently engaged in the development, design, manufacture and installation of equipment for processing of natural and associated gas in the oil and gas sector.

**Keywords:** natural gas, gas fuel, NGV filling stations (CNG filling stations).

P. 24

### Features of booster compressors' application on MGFS

Ildar Ganiev

The questions of vehicle refueling by mobile gas filling station with solid-injection scheme, having in its structure a booster compressor, are discussed. The dependence of the degree of emptying MGFS bottles on its design performance is shown. A description of various technologies of vehicles fueling is given. The calculating formulas of emptying MGFS tanks coefficient are given. To increase usable space of MGFS while its complete emptying the suggestions on mobile (on trailed chassis) or fixed block of CNG stations, which initially tanks up cars from MGFS, incidentally filling its regular battery pack that after emptying MGFS containers are turning off, and then filling the car continues off-line from the battery of CNG stations, were given. It shows the effectiveness of different types of MGFS. The experience of the use of compressors 2GU2-0,1 / 30 / 200-250U2 and 2GU2-0,05 / 20 / 200-250U2 by Association of LLC «Compressor» (Penza) is shown.

**Keywords:** MGFS (mobile gas filling station), CNG stations, compressor, compressed natural gas.

P. 29

### Methyl ester of sunflower oil as the environmental component for petroleum motor fuels

Vladimir Markov, Sergey Devyanin, Elena U'ukina, Nikolay Pulyaev

The article analyzes physical and chemical features of biodiesel fuels produced from various raw materials. Experimental studies of indicators of diesel D-245.12S, running on a mixture of diesel fuel and methyl ester of vegetable oil of different composition are undertaken. Analysis of the chemical aggressiveness methyl ester of sunflower oil to a number of structural materials is conducted.

**Keywords:** diesel engine, gas oil, biodiesel fuel, methyl ester of sunflower oil, mixed biofuel, chemical aggressiveness.

#### List of references

1. Alternative fuels for internal combustion engines / A.A. Aleksandrov, I.A. Argali, V.A. Markov and oth., Ed. By A.A. Alexandrov, V.A. Markov. – M.: LLC RDC «Engineer», LLC «Oniko-M», 2012. – P. 791.
2. Bioenergy: World experience and development forecasts / L.S. Orsik, N.T. Sorokin, V.F. Fedorenko and oth., Ed. V.F. Fedorenko. – M.: FNRI «Rosinformagroteh», 2008. – P. 404.
3. The use of vegetable oils and fuels based on them in diesel engines / V.A. Markov, S.N. Devyanin, V.G. Semenov, etc. – M.: LLC RDC «Engineer», LLC «Oniko-M», 2011. – P. 536.
4. Lotko V., Lukanin V.N., Khachiyan A.S. The use of alternative fuels in internal combustion engines. – M.: Publishing House of MADI (TU), 2000. – P. 311.
5. Vasiliev I.P. Influence of fuels of vegetable origin in the environmental and economic performance of a diesel engine. – Lugansk: Publishing house of the East University. Dal, 2009. – P. 240.
6. Zubik J., Sorenson S.C., Goering C.E. Diesel Engine Combustion of Sunflower Oil Fuels // Transactions of the ASAE. – 1984. – Vol. 27. – № 5. – P. 1252-1256.
7. Kaufman K.R., Ziejewski M. Sunflower Methyl Esters for Direct Injected Diesel Engines // Transactions of the ASAE. – 1984. – Vol. 27. – № 6. – P. 1626-1633.

8. Ikilic C., Yucesu H. Investigation of the Effect of Sunflower Oil Methyl Ester on the Performance of a Diesel Engine // *Energy Sources*. – 2006. – Vol. 27. – № 13. – P. 1225-1234.
9. Markov V.A., Devyanin S.N., Nagornov S.A. Work transport diesel engine on mixtures of diesel fuel and vegetable oil methyl ester // *Alternative Fuel Transport*. – 2013. – № 3. – P. 56-62.
10. Bosch: Diesel Engine Management: Trans. from German. – M.: Publishing House «Driving», 2004. – P. 480.
11. Kovalenko V.P., Ulyukina E.A., Pulyev N.N. and others. The study of physical and chemical properties of biofuels from vegetable oils // *International Journal*. – 2011. – № 4. – P. 79-83.
12. Ulyukina E.A., Kovalenko V.P., Pulyev N.N. and oth. The interaction of biofuels based on rapeseed oil with structural materials // *International Journal*. – 2010. – № 3. – P. 88-91.

#### P. 42

##### *Impact of natural gas usage and the EGR (exhaust gas recirculation) methanol- and ethanol-fuel emulsions at concentrations of toxic components in the exhaust gas*

**Vitaly Likhanov, Oleg Lopatin**

The results of experimental studies conducted on the basis of the research laboratory of the Department of heat engines, cars and tractors of Vyatka State Agricultural Academy, on improving the environmental performance of tractor diesel 4 × 11.0 / 12.5 by applying compressed natural gas and the exhaust gas recirculation, methanol and ethanol fuel emulsions are given. The studies were conducted in order to determine and optimize the main parameters of the diesel engine on diesel fuel, CNG with exhaust gas recirculation, methanol and ethanol-fuel emulsions.

**Keywords:** compressed natural gas (CNG), methanol-fuel emulsions (MFE), ethanol-fuel emulsions (ETE), the exhaust gases.

##### *List of references*

1. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Improving the environmental performance of diesel 4Ч 11.0/12.5 by the use of natural gas and recycling // *Transport on Alternative Fuel*. – 2014. – № 4 (40). – P. 21-25.
2. Likhanov V.A., Lopatin O.P. The use of natural gas and recirculation on a tractor diesel 4Ч 11.0/12.5 // *Tractors and farm machinery*. – 2014. – № 6. – P. 7-9.
3. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Reduction of nitrogen oxides in the exhaust gases of diesel 4Ч 11.0/12.5 by use of ethanol-fuel emulsion // *Transport on Alternative Fuel*. – 2012. – № 4 (28). – P. 70-73.
4. Lopatin O.P., Likhanov V.A. Improving operational performance diesel 4Ч 11.0/12.5 by use of ethanol-fuel emulsion // *Proceedings of the International Academy of Agricultural Education*. – 2013. – T. 4. – № 16. – P. 170-173.
5. Likhanov V.A. Education and neutralization of nitrogen oxides in the cylinder gas diesel: monograph / V.A. Likhanov, O.P. Lopatin. – Kirov, 2004. – P. 106.
6. Lopatin O.P. Reduction of nitrogen oxides in the exhaust gases of diesel tractor 4Ч 11.0/12.5 (D-240) when working on natural gas by the use of exhaust gas recirculation: dissertation. ... Doctor of Science. – Kirov, 2004. – P. 200.

#### P. 48

##### *Modern approaches to the selection of the main production machinery performance on natural gas fueling facilities*

**Andrey Evstifeev**

The modern conceptual approaches to the selection of the main production machinery performance on natural gas fueling facilities are reviewed in the article. The analysis of concepts is conducted; their strengths and weaknesses are identified. The approach used in issuing of proposals and opinions on the proposed technical solutions according to the achievement of indicators of consumer for gas motor fuel satisfaction is discussed. By the methods of queuing theory a mathematical model of the process was formed and the probability of losing a customer because of the timeout service was calculated.

**Keywords:** gas motor fuel, concept, queuing theory, traffic, compressors performance.

##### *List of references*

1. Evstifeev A.A. Provision of municipal bus fleets metropolis gas motor fuel // *Gas industry*. – 2014. – № 2. – P. 86-89.
2. Evstifeev A.A. Mathematical model of vehicle refueling with CNG for CNG stations // *Transport on Alternative Fuel*. – 2014. – № 1. – P. 24-31.
3. Evstifeev A.A. The methodology for constructing efficient and continuous improvement of the regional network of CNG stations // *Transport on Alternative Fuel*. – 2014. – № 3. – P. 53-60.
4. Hvorov G.A., Kozlov S.I., Akopova G.S., A.A. Evstifeev. Reduction of losses of natural gas for transportation through trunk pipelines of JSC «Gazprom» // *Gas industry*. – 2013. – № 12. – P. 66-69.
5. Evstifeev A.A. Mathematical model of analysis needs to CNG and LNG re-gasified areas // *Gas industry*. – 2013. – № 1. – P. 87-88.
6. Lyugai S.V., Evstifeev A.A., Timofeev V.V., Balashov M.L., Drygina Y.N. Comparison of economic indicators with liquid motor and gas motor fuel // *Transport on Alternative Fuel*. – 2013. – № 5 (35). – P. 14-19.
7. Evstifeev A.A. Model prediction of the gas consumption of motor fuel in populated place // *Transport on Alternative Fuel*. – 2013. – № 3 (33). – P. 43-47.
8. Evstifeev A.A., Balashov M.L. Methods of determining the boundaries of the economic efficiency of the transition to natural gas as a motor fuel // *Transport on Alternative Fuel*. – 2013. – № 2. – P. 4-5.
9. Evstifeev A.A. Calculation of system reliability of gas supply of motor fuel to consumers // *Alternative Fuel Transport*. – 2013. – № 4 (34). – P. 61-65.
10. Evstifeev A.A., Zaeva M.A., Hetagurov Y.A. The use of mathematical modeling in testing and testing of complex technical systems // *Bulletin of the National Research Nuclear University MEPhI*. – 2013. – T. 2. – № 1. – P. 115.



## Авторы статей в журнале № 4 (46) 2015 г.

**Ганиев Ильдар Рашидович,**  
исполнительный директор  
ООО Объединение «Компрессор»,  
тел.: (8412) 594465,  
e-mail: oookompressor@narod.ru

**Девянин Сергей Николаевич,**  
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой  
«Тракторы и автомобили» Московского государственного  
агроинженерного университета  
им. В.П. Горячкина (МГАУ им. В.П. Горячкина),  
тел. 8-917-519-63-94

**Евстифеев Андрей Александрович,**  
начальник лаборатории  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», доцент Национального  
исследовательского ядерного университета  
«МИФИ», к.т.н., 115583, Москва, а/я 130,  
тел.: (910) 460-78-86, +7 (498) 657-43-82,  
e-mail: A\_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

**Колодяжный Дмитрий Анатольевич,**  
генеральный директор ЗАО «Газпромнефть –  
Альтернативное топливо»,  
e-mail: GPN-AT@gazprom-neft.ru

**Лиханов Виталий Анатольевич,**  
д.т.н., академик РАТ, профессор, заведующий  
кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и  
тракторов ФГБОУ ВПО «Вятская государственная  
сельскохозяйственная академия»,  
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133,  
р.т. 8 (8332) 57-43-07, e-mail: info@vgsha.info

**Лопатин Олег Петрович,**  
к.т.н., доцент ФГБОУ ВПО «Вятская государственная  
сельскохозяйственная академия»,  
610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133,  
кафедра ДВС, р.т. 8 (8332) 37-57-28,  
e-mail: nirs\_vsaa@mail.ru

**Магомедов Рамазан Рамазанович,**  
финансовый директор ООО «ГазТех»,  
e-mail: 9237894@gmail.com

**Марков Владимир Анатольевич,**  
д.т.н., профессор кафедры «Теплофизика»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
м.т. 8 917 584-49-54, р.т. (499) 263-69-18,  
e-mail: markov@power.bmstu.ru

**Пуляев Николай Николаевич,**  
к.т.н., доцент каф. «Автомобильный транспорт»  
РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева.  
Тел. раб. 8 (499) 976 38 37, доб. 307

**Улюкина Елена Анатольевна,**  
д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Химия» РГАУ –  
МСХА им. К.А. Тимирязева.  
Тел. раб. 8 (499) 976 38 37, доб. 234

**Пудиков Дмитрий Борисович,**  
генеральный директор  
ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»,  
e-mail: marketing@lenprom.spb.ru

## Contributors to journal issue № 4 (46) 2015

**Devyanin Sergey,**  
D. Sc. (Eng.), professor, head of «Tractors and  
Automobiles» department of the Moscow State  
University for Agriculture and Engineering n.a. V.P.  
Goryachkin, m.t. + 7 917 519-63-94

**Evstifeev Andrey,**  
PhD, Head of laboratory, JSC «Gazprom VNIIGAZ»,  
p/o 130, Moscow, Russia, 115583,  
e-mail: A\_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

**Ganiev Ildar,**  
Executive director of Association  
«Compressor» LTD,  
phone: +7 905 015-51-99,  
e-mail: oookompressor@narod.ru

**Kolodyazhny Dmitry,**  
CEO of CJSC «Gazpromneft –  
Alternativnoe toplivo»,  
e-mail: GPN-AT@gazprom-neft.ru

**Likhanov Vitaly,**  
Academician of RTA, Professor of Vyatka State  
Agricultural Academy, Dr. Sci. Tech.,  
phone: +7 (8332) 57-43-07,  
e-mail: info@vgsha.info

**Lopatin Oleg,**  
Ph.D., Associate Professor of Vyatka State  
Agricultural Academy,  
phone: + (8332) 37-57-28,  
e-mail: nirs\_vsaa@mail.ru

**Magomedov Ramazan,**  
financial director of LLC «GaZTeh»,  
e-mail: 9237894@gmail.com

**Markov Vladimir,**  
D. Sc. (Eng.), professor of «Heat Physics» department  
of the Bauman Moscow State Technical University,  
phone: + 7 917 584-49-54

**Puliaev Nikolay,**  
cand. sc., Associate Professor of «Road Transport»,  
Russian State Agrarian University named after  
K.A. Timiryazev.  
Тел. раб. 8 (499) 976 38 37, доб. 307

**Tsudikov Dmitry,**  
CEO of LLC scientific and production corporation  
«LENPROMAVTOMATIKA»,  
e-mail: marketing@lenprom.spb.ru

**Ulyukina Elena,**  
D. Sc. (Eng.), head of department of the Moscow  
State University for Agriculture and Engineering n.a.  
V.P. Goryachkin,  
phone: + 7 (499) 976 38 37, extension 234