



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



№ 4 (52) 2016



«Газпром» расширяет сеть АГНКС

ПАГЗ: варианты использования

Автопробег «Голубой коридор – 2016»

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

зам. генерального директора 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

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 15.06.2016 г.

Подписано в печать 15.07.2016 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

В НОМЕРЕ

«Газпром» расширяет сеть АГНКС	3
Общее годовое собрание членов Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация»	5
Использование газомоторного топлива на локомотивах.	9
Метан на транспорте – его религия.	10
Евдокимов Я.А., Лавров Е.П. Эволюция АГНКС Часть 3. Виртуальная труба.	12
Евстифеев А.А., Ермолаев А.Е. Влияние холостых пробегов газовых городских автобусов на показатели производственно-хозяйственной деятельности	23
Техническое состояние и эксплуатационные показатели автомобильных газонаполнительных компрессорных станций	31
Лиханов В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа в дизеле с турбонаддувом	35
Козлов С.И., Фатеев В.Н. Топливные элементы с твердым полимерным электролитом	44
Проблемы биржевых торгов природным газом.	56
Нужен пятый элемент.	61
Пронин Е.Н. Автопробег «Голубой коридор – 2016»	66
Abstracts of articles	77
Авторы статей в журнале № 4 (52) 2016 г.	79

На снимке: торжественный ввод в эксплуатацию АГНКС
сети «Газпром» в Республике Татарстан



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.

Deputy General Director of Gazprom VNIIGAZ, PhD

Editorial board members

Beranek Antonin

*Director General
of VITKOVICE 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 15.06.2016

Endorsed to be printed on 15.07.2016

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

Gazprom expands the network of CNG filling stations	3
Annual general meeting of members of Non-profit partnership National Gas Vehicle Association	5
Natural gas motor fuel adoption on railroad engine	9
Methane on transport as a religion	10
Yaroslav Evdokimov, Evgeniy Lavrov Development of CNG filling station Part 3. Cyber pipe	12
Andrey Evstifeev, Alexey Ermolaev Influence of idle running of city gas buses on industrial activity indicators	23
Technical state and operational characteristics of motor gas-filling compressor plant	31
Vitaly Likhanov, Oleg Lopatin The use of natural gas in a diesel engine with turbocharging	35
Sergei Kozlov, Vladimir Fateev Fuel cells with solid polymer electrolyte	44
Difficulties with natural gas' stock trading	56
Need fifth element	61
Eugene Pronin Motor rally «Blue corridor – 2016»	66
Abstracts of articles	77
Contributors to journal issue № 4 (52) 2016 г.	79

«Газпром» расширяет сеть АГНКС

В июне в двух крупнейших регионах России – Ставропольском крае и Республике Татарстан в эксплуатацию ввели шесть новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) сети «Газпром». Всего в планах компании до конца года дать старт работе 35 новых объектов в 21 субъекте страны.

На сегодняшний день газозаправочная сеть России включает около 270 станций, из которых 226 находятся в управлении Группы «Газпром». Новые объекты под брендом компании строятся в регионах с наибольшим потенциалом спроса на газомоторное топливо.

Газомоторные коридоры Юга

В Ставропольском крае были открыты три новые автомобильные газонаполнительные компрессорные станции. Торжественное мероприятие состоялось на АГНКС в Новоалександровске, в режиме видеосвязи были введены в эксплуатацию АГНКС в Светлограде и Изобильном.

С вводом трех станций в эксплуатацию число АГНКС «Газпрома» на территории региона увеличилось до 11, суммарная проектная производительность выросла с 62,5 млн до 90 млн м³ природного газа в год. Этого объема достаточно для ежедневной заправки около 4,5 тыс. автомобилей.

Все три станции построены в северной части Ставропольского края, что позволило сформировать газомоторные коридоры с Краснодарским краем и Республикой Калмыкия. Ключевым потребителем природного газа на новых АГНКС станет магистральный



транспорт, следующий по маршруту Ставрополь – Краснодар и Ставрополь – Элиста.

К началу 2019 года число газовых автозаправочных станций компании в Ставропольском крае предполагается увеличить до 23.



Новая АГНКС «Газпрома» в Новоалександровске

Татарстан выбирает природный газ

Еще одним регионом, на территории которого появились современные станции сети «Газпром», стал Татарстан. Три новые АГНКС обеспечивают поставку экологичного топлива в Зеленодольске, Нижнекамске и Бутульме.



Новая АГНКС «Газпрома» в Зеленодольске

Ввод новых станций расширил газозаправочную сеть компании в регионе до 13 АГНКС, суммарная проектная производительность увеличилась на 31 % – до 103,3 млн м³ газа в год. Это позволит каждый день заправлять компримированным природным газом (КПГ) более 6 тыс. автомобилей.

Примечательно, что станции в Татарстане оборудованы отдельными колонками для наполнения передвижных автомобильных газовых заправщиков (ПАГЗ). Это сделано с расчетом на удаленных потребителей – один ПАГЗ может обеспечить заправку до 150 единиц легкового или 20 единиц тяжелого транспорта.

В планах компании до конца 2016 года ввести в эксплуатацию в Татарстане еще пять новых АГНКС

и реконструировать одну действующую. К 2019 году сеть газозаправочных станций планируется увеличить до 25 единиц, охватив большинство крупных населенных пунктов.

Европейский рынок

«Газпром» планомерно расширяет свою сеть АГНКС и в Европе. К концу 2015 года в Германии, Чехии и Польше компании принадлежало 52 газозаправочные станции, что почти в полтора раза больше, чем в 2014 году. С начала 2016 года число станций увеличилось еще на 14 и достигло 66 единиц. В планах компании продолжить расширение сети.

Стратегия «Газпрома»

В конце июня состоялось годовое Общее собрание акционеров ПАО «Газпром», на котором Алексей Миллер еще раз подчеркнул стратегическое значение развития рынка газомоторного топлива в деятельности компании:

«Одним из наиболее перспективных направлений расширения нашей сбытовой деятельности является применение газа на транспорте, – отметил Алексей Борисович. – В 2015 году в России реализация природного газа компании в качестве моторного топлива увеличилась на 7,3 % – до 436 млн кубометров».

Работа по расширению газозаправочной сети «Газпром» будет продолжена. На очереди открытие новых станций в Великом Новгороде, Южно-Сахалинске, Новокузнецке, Томске, Уфе и других регионах России. Планируется, что до конца 2018 года сеть АГНКС «Газпром» вырастет более чем в два раза и достигнет 470 объектов.

Управление внешних коммуникаций
ООО «Газпром газомоторное топливо»

Общее годовое собрание членов Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация»



Президиум собрания. Слева – направо: Комбаров В.А., Люгай С.В., Аннюк Д.М.

21 июня в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоялось Общее годовое собрание членов Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА). В работе собрания приняли участие 36 представителей членов НГА, что составляет 61 % общего числа членов:

1. ЗАО «Агентство Прямых Инвестиций»;
2. ЗАО «БАРРЕНС»;
3. ООО «БАУЭР Компрессоры»;
4. ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус»;
5. ОАО «ВНИКТИ»;
6. ООО «Газкомплект»;
7. ООО «Газпарт 95»;
8. ПАО «Газпром автоматизация»;
9. ООО «Газпром газомоторное топливо»;
10. АО «Газпром газэнергосеть»;
11. ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»;
12. ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»;
13. ООО «Газпром трансгаз Казань»;
14. ООО «Газпром трансгаз Самара»;
15. ООО «Газпром трансгаз Сургут»;
16. ООО «Газпром трансгаз Томск»;
17. Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.;
18. ОАО «НПО «Гелиймаш»;
19. ПАО «КАМАЗ»;
20. ЗАО «КОМПОМАШ-ТЭК»;
21. ЗАО «Комптех»;
22. ООО НПК «Ленпромавтоматика»;
23. ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг»;
24. ООО «Мелстон-Инжиниринг»;
25. ООО «НПО «Нефтехимпроект»;
26. ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»;
27. ООО «РариТЭК»;
28. ООО «ТЕГРУСС»;
29. ООО «Титан Северо-Запад»;
30. ОАО «Удмуртавтотранс»;
31. ФГУП «УПП при Спецстрое России»;
32. ООО «Эксайтон Групп»;
33. ООО «ЭнергоЦентрПроект»;
34. Представительство Юнипер Глобал Коммодитиз СЕ (Германия).
35. АО UNIDOM Co., LTD
36. Xperion Energy & Environment GmbH.

Присутствовали также члены совета Партнерства Комбаров В.А. (заместитель председателя совета), Аннюк Д.М., Пронин Е.П. и Шуманн А. Руководил работой собрания Валерий Комбаров, протокол вела Юлия Дрыгина, заместитель исполнительного директора НГА.

Был заслушан доклад исполнительного директора Партнерства Станислава Люгая, который отчитался о проделанной за год работе. Было отмечено, что деятельность Партнерства осуществлялась в соответствии с основными направлениями, утвержденными Общим собранием 26 июня 2015 г.

Продолжался выпуск научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе», а также велось постоянное обновление новостной страницы сайта.

20 июля 2015 г. принято участие в совещании Министерства промышленности и торговли РФ по обсуждению проекта программы стимулирования производства оборудования, предназначенного для производства, хранения и использования газомоторного топлива промышленными предприятиями. 10 сентября 2015 г. принято участие в совещании Министерства энергетики РФ по вопросу актуализации требований пожарной безопасности к зданиям и сооружениям хранения и обслуживания техники, использующей природный газ в качестве моторного топлива.

17 сентября 2015 г. в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» проведен технический семинар «Снижение пожароопасности объектов малотоннажного производства и потребления СПГ», а 21 апреля 2016 года в ПАО «Газпром» – четвертый международный научно-практический семинар «Газомоторное топливо: технологические аспекты и перспективные пути развития». Оба мероприятия вызвали большой интерес среди участников. В ходе обсуждения докладов состоялся обмен мнениями, который носил конструктивный характер. По активности

присутствующих можно сделать вывод о том, что подобные семинары, ставшие уже традиционными в деятельности НГА, являются важной составляющей в деле развития газомоторного рынка России и способствуют активизации работы в этой области.

6-9 октября 2015 г. состоялся Петербургский Международный Газовый Форум – 2015. НГА оказала поддержку в организации форума, а журнал «Транспорт на альтернативном топливе» выступил информационным партнером. В рамках форума состоялась 2-я международная специализированная выставка «Газомоторное топливо», где НГА приняла участие в качестве экспонента.

16 октября 2015 г. проведено совещание по вопросу перспективного использования технологий производства СПГ на комплексах сжижения природного газа. А 25 ноября принято участие во всероссийской конференции «О применении газомоторного топлива на транспорте: проблемы и перспективы», которая состоялась в Торгово-промышленной палате Российской Федерации.

Также принято участие в 13-й специализированной международной выставке GasSuf-2015, 22-й Московской международной выставке «Автокомплекс 2015», 6-й международной конференции «СУГ», 4-й международной конференции «СПГ» и «КПГ». На данных конференциях НГА провела круглые столы.

16-18 марта 2016 г. оказана информационная поддержка и принято участие в 3-м «СПГ Конгресс Россия 2016».

Проводилась работа по утверждению и разработке первоочередных национальных стандартов (ГОСТ Р), стандартов ПАО «Газпром» (СТО).

Отдельное внимание было уделено 10-му автопробегу газовых автомобилей «Голубой коридор – 2016», который проходил в период 26 мая – 18 июня 2016 г. при участии членов совета НП «НГА». По маршруту автопробега были проведены круглые столы с участием



Участники собрания

производителей автомобилей и органов местного управления. По этому вопросу доклад С. Люгая дополнил участник автопробега, член совета Партнерства Андрэ Шуманн, который подробно рассказал об этом важном мероприятии.

Далее участники собрания утвердили годовой бухгалтерский баланс Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация» за 2015 г., с сообщением о котором выступила главный бухгалтер НГА Н.Ф. Никорук.

Следующим вопросом повестки собрания стало изменение организационно-правовой формы Некоммерческого партнерства на Ассоциацию (в соответствии с действующим законодательством). Было решено изменить организационно-правовую форму на Ассоциацию в связи со вступлением в силу Федерального закона от 05.05.2014 г. №99-ФЗ «О внесении изменений в главу 4 части первой Гражданского кодекса Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений законодательных актов Российской Федерации». Большинство голосов было утверждено новое наименование:

- на русском языке – Ассоциация

организаций в области газомоторного топлива «Национальная газомоторная ассоциация», сокращенное наименование – АОГМТ «НГА»;

- на английском языке – National Gas Vehicles Association, сокращенное наименование – NGVA.

Далее Валерий Комбаров сообщил, что согласно протоколу Общего собрания Партнерства № 1 от 28.06.2013 г. и п. 5.7.1 Устава истек срок полномочий исполнительного директора Партнерства Люгая Станислава Владимировича. Он отметил большой личный вклад С.В. Люгая в становление и развитие Партнерства, повышение качества работ и предложил продлить срок его полномочий в качестве исполнительного директора. Большинство голосов это предложение было одобрено.

Среди прочих вопросов была рассмотрена новая редакция Устава Партнерства, которая также была утверждена.

Затем состоялось избрание членом Совета Некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация». Станислав Люгай огласил весь список кандидатов и краткую информацию о них. Было предложено избрать в члены Совета Партнерства сроком на 1 год путем проведения открытого голосования следующих кандидатов:

1. Аннюка Дмитрия Михайловича
2. Ахметшина Альберта Юнусовича
3. Гайдта Давида Давидовича
4. Комбарова Валерия Алексеевича
5. Пронина Евгения Павловича
6. Хахалкина Вячеслава Сергеевича
7. Шуманна Андрэ
8. Дмитриева Михаила Сергеевича
9. Батыршина Рафаэля Римовича

Все кандидаты были единогласно избраны в Совет Партнерства.

Следующим вопросом повестки стало обсуждение приоритетных направлений деятельности Партнерства в 2016-2017 гг. С учетом предложений членов Партнерства было решено утвердить следующие приоритетные направления:

1. Продолжить работу тематических секций:

- Сжиженный углеводородный газ – инфраструктура и оборудование (АО «Газпром газэнергосеть»);
- Сжиженный природный газ (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»);
- Газовая автомобильная техника (ПАО «КАМАЗ»);
- Инфраструктурные проекты (ООО «Газпром газомоторное топливо»);
- Маркетинговые исследования и локализация объектов газомоторной инфраструктуры (СУГ, СПГ, КПП) (ЗАО «Агентство прямых инвестиций»);
- Международное сотрудничество (Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.).

2. Продолжить взаимодействие с федеральными, региональными и муниципальными органами власти, Некоммерческим Партнерством «Российское газовое общество», Международным газовым союзом, Международным деловым конгрессом, региональными газомоторными ассоциациями, другими российскими и зарубежными организациями в области газовых видов моторного топлива.

3. Принимать участие в рабочей группе Министерства энергетики Российской Федерации по подготовке предложений по использованию сжиженных углеводородных газов и природного

газа в качестве моторного топлива:

- работа в координационных и совещательных органах при федеральных органах исполнительной власти;

- Рабочая группа по вопросам анализа Генеральной схемы развития газовой отрасли на период до 2035 г., включающей в себя Программу создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР; подготовка предложений по ее доработке (Министерство энергетики РФ);

- Рабочая группа по использованию природного газа в качестве моторного топлива при Правительственной комиссии по вопросам топливно-энергетического комплекса, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности экономики (Министерство энергетики РФ);

- Межведомственная рабочая группа по подготовке предложений по развитию рынка газомоторного топлива (Министерство транспорта РФ);

- Экспертный совет по вопросам развития конкуренции на рынках газа при Федеральной антимонопольной службе (Федеральная антимонопольная служба).

4. Принимать участие в разработке предложений и рекомендаций по совершенствованию оборудования газомоторной инфраструктуры и бортового газового оборудования транспортных средств.

5. Содействовать развитию научно-технического прогресса в газомоторной отрасли.

6. Способствовать участию организаций-членов НП «НГА» в подготовке и реализации региональных, муниципальных и отраслевых программ расширения использования газовых видов моторного топлива на транспорте.

7. Продолжить работу по совершенствованию и развитию правовой и

нормативно-технической базы в области газовых видов моторного топлива.

8. Продолжить издание международного научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе» и ведение сайта НП «НГА».

9. Продолжить сотрудничество с зарубежными национальными и международными организациями.

10. Продолжить организацию и проведение форумов, конференций, семинаров и выставок.

11. Оказывать информационную поддержку в подготовке и проведении:

- 14-й Международной выставки «Газ на транспорте» GasSuf-2016;

- Петербургского Международного Газового Форума, III специализированной выставки «Газомоторное топливо»;

- 7-й Международной конференции «СУГ 2016»;

- 5-й Международной конференции «СПГ 2016»;

- 5-й Международной конференции «КПГ 2016».

12. Участие в разработке государственной программы для развития рынка газомоторного топлива РФ.

Использование газомоторного топлива на локомотивах

17 июня в рамках Петербургского международного экономического форума председатель правления ПАО «Газпром» Алексей Миллер, президент ОАО «Российские железные дороги» («РЖД») Олег Белозеров, председатель совета директоров АО Группа Синара Дмитрий Пумпянский и президент ЗАО «Трансмашхолдинг» Андрей Бокарев подписали Соглашение о сотрудничестве в области использования газомоторного топлива.

Документ направлен на расширение применения природного газа на железнодорожном и автомобильном транспорте, снижение нагрузки на окружающую среду, формирование благоприятных условий для развития рынка газомоторного топлива, увеличение потребления газа на внутреннем рынке и развитие отечественного машиностроения.

В соответствии с документом, «Газпром» построит современные объекты газозаправочной инфраструктуры в местах, согласованных с «РЖД», а также будет обеспечивать заправку подвижного состава сжиженным природным газом. Компания окажет содействие «РЖД» в проведении испытаний газомоторных локомотивов.

«РЖД» обеспечит соответствующую адаптацию производственно-технической базы железнодорожных депо, разработает и внедрит систему профессиональной подготовки и переподготовки инженерно-технического персонала и локомотивных бригад для работы на газомоторном подвижном составе. Кроме того, «РЖД» примет программу по переводу корпоративной автомобильной техники на природный газ.

В свою очередь Группа Синара и ЗАО «Транс-

машхолдинг» обеспечат сертификацию, производство и сервисное обслуживание локомотивов, использующих природный газ в качестве моторного топлива: Группа Синара – магистральных газотурбовозов, ЗАО «Трансмашхолдинг» – маневровых газотепловозов.

Стороны договорились о синхронизации этапов развития парка газомоторных локомотивов и инфраструктуры для их заправки и технического обслуживания.

ОАО «РЖД» входит в тройку ведущих мировых железнодорожных компаний, обеспечивает 45,3 % совокупного грузооборота и 25,9 % пассажирооборота в России. В 2005 г. в рамках стратегии повышения энергоэффективности перевозочной деятельности ОАО «РЖД» начало реализацию проекта по разработке и изготовлению локомотива, работающего на СПГ (газотурбовоз). Первые поездки газотурбовоза показали его эффективность при организации движения тяжелых поездов.

Группа Синара — диверсифицированная компания, объединяющая предприятия различной отраслевой направленности. Приоритетными бизнес-направлениями Группы являются машиностроение. В рамках подписанного Соглашения с ОАО «РЖД», Людиновский тепловозостроительный завод (входит в холдинг «Синара-Транспортные Машины») изготовил опытный образец газотурбовоза, который успешно прошел испытания с тяжеловесным составом. Согласно договоренностям, производитель поставит для нужд «РЖД» 40 единиц газотурбовозов.

ЗАО «Трансмашхолдинг» – ведущий российский производитель подвижного состава для железных дорог и городского транспорта.

Управление информации ПАО «Газпром»

Метан на транспорте – его религия

10

30 августа исполняется 60 лет большому проповеднику газомоторного топлива Евгению Николаевичу Пронину. Его имя хорошо известно не только в нашей стране, но и за рубежом. Он стоял у истоков создания Национальной газомоторной ассоциации, долгие годы возглавлял её. Был членом Советов директоров Глобальной и Европейской газомоторных ассоциаций. Возглавлял один из Рабочих комитетов Международного газового союза. Активно работал в Международном (ранее Европейском) деловом конгрессе и Европейской экономической комиссии ООН. Благодаря ему стал издаваться международный научно-технический журнал ВАК «Транспорт на альтернативном топливе». С 2003 г. живет ежегодная выставка газоиспользующего и газозаправочного оборудования GasSuf. И то, что сегодня автопробеги «Голубой коридор» стали международным брендом, – несомненно, и его заслуга.

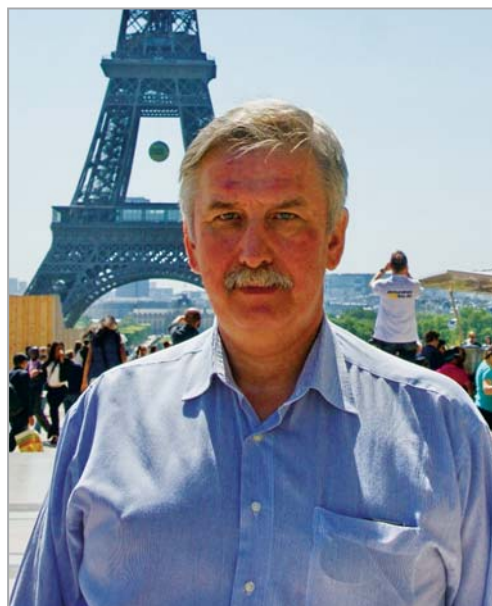
Это про Пронина сказали, перефразировав известный марш: «А вместо сердца газовый мотор».

А начиналось все совсем не в газомоторном русле...

Евгений Николаевич родился в Москве. Окончив школу и поработав грузчиком (первый курс жизненного университета), а потом чертежником, 18-летний Евгений в 1974 г. поступил на службу в Вооруженных Силах СССР, где и находился 20 лет. Один год из них был отдан войне в Эфиопии.

После ухода на пенсию по выслуге лет в звании подполковника Евгений Николаевич Пронин был приглашен на должность генерального директора в российско-канадское СП «АСМ/АФС». Так началась его газомоторная жизнь.

Ветераны газомоторного движения помнят, как в начале 90-х переоборудовали автобусы «Икарус» для работы на природном газе. Этим и занимались



в СП: ставили канадскую систему – на тот момент революционное оборудование с микропроцессорным управлением и распределенным впрыском. А кругом было царство механического оборудования российского и зарубежного производства. В Мосгортрансе была проведена успешная демонстрационная эксплуатация этого газодизельного оборудования. Тогда же Евгений Николаевич в качестве генерального директора СП подписал контракт с Мострансавто на переоборудование 60 областных «Икарусов» на КПП. К сожалению, у заказчика, как оказалось, не было денег, и проект свернули.

В 1996 г. Евгения Николаевича пригласили в Газпром, где он в разное время руководил сектором, отделом, управлением. Здесь он и познакомился со всеми главными газомоторщиками бывшего СССР и России во главе с Н. Байбаковым, В. Черномырдиным, Р. Вяхиревым, Б. Будзуляком, А. Гриценко, А. Седых, А. Кашировым, В. Стативко, С. Гавриленко, В. Роднянским и другими – с теми, кто работал по газомоторной теме в правительстве России, Совете Федерации, Госдуме,

Минэнерго, Минтрансе, Минсельхозе, администрациях регионов, больших и малых городов, НАМИ, МАДИ, НИИАТ и других организациях. За короткое время познакомился с директорами заводов и совхозов, руководителями и рядовыми сотрудниками газовых компаний России, Белоруссии, Украины, Прибалтики. И тогда пришло понимание, что производственники – это главная сила газовой промышленности нашей Родины. В тот же период на конференциях и выставках узнал и основных зарубежных коллег со всех континентов.

Это были годы романтики, подвижничества, энтузиазма. Евгений Николаевич вспоминает так это время: «Нас – газомоторщиков – тогда было мало. Мы все друг друга знали и дружили. И машин было мало. Меньше миллиона по всему миру. Но мы верили в успех. И он наступил. Теперь по дорогам планеты ездят более 26 миллионов метановых машин, и их число растет. К ним присоединяются корабли на СПГ, локомотивы. А прошло-то всего 20 лет».

Сейчас Евгений Николаевич сам является известным специалистом в области газомоторного рынка. И теперь уже другие с гордостью говорят, что работали с ним или просто знакомы. Он нашел главное дело своей жизни, хотя с не меньшим успехом мог бы работать, например, журналистом. Его прекрасные аналитические статьи (более ста), репортажи с автопробегов и других мероприятий постоянно публикуются в российских и зарубежных СМИ и в том числе в журнале «Транспорт на альтернативном топливе». Ведет блог Metan4U.

Он мог бы быть и переводчиком – все знают, как он отлично владеет английским, может говорить и на других языках. Кстати, в его переводе в 1993 г. издана приключенческая повесть Джеймса Чейза «Запишите это на мой счет». А позже, уже работая в Газпроме, он возглавил составление англо-русского газомоторного словаря.

Но Евгений Николаевич избрал газомоторную стезю и сделался настоящим специалистом в этой области. Потому что не может делать что-то наполовину. Если уж выбрал себе путь, значит отдавался делу целиком и без остатка.

Его работа отмечена грамотами Минэнерго, Минсельхоза, Газпрома, регионов и городов России. Трижды он становился лауреатом премии Газпрома в области науки и техники.

Работая в «Газпром экспорте», Евгений Николаевич живет между двух городов – Москвой и Санкт-Петербургом. Участвуя во всех автопробегах «Голубой коридор» (а в этом году состоялся юбилейный десятый), он объехал всю Россию и всю Европу. Помните, как пелось в одной старой советской песне: «Старость меня дома не застанет – я в дороге, я в пути».



Е. Пронин в одном из автопробегов

Так же можно сказать и о Евгении Николаевиче – какие 60 лет? Вы о ком? О Евгении Пронине? Не верим!

И все-таки эта хронологическая дата наступит в конце августа. Хочется верить, что Евгений Николаевич останется в газомоторной отрасли еще надолго. Что это важное для страны дело по-прежнему будет вдохновлять его на новые свершения, новые идеи и принесет ему новые успехи. Для этого нужно здоровье, любовь семьи и тепло родного дома. Вот этого мы и желаем Евгению Николаевичу от всей души – крепкого здоровья вам, благополучия и энтузиазма. И, конечно, новых пробегов!

Национальная газомоторная ассоциация
Редакция журнала

Эволюция АГНКС

Продолжение цикла статей. Начало см. в № 1 (49) и 2 (50) 2016 г.

Не всегда и не везде есть возможность подключения АГНКС к газопроводу. С другой стороны, использование газового топлива выгодно и в районах, удаленных от сети газоснабжения. Решение этой проблемы – применение передвижных автомобильных газовых заправщиков, доставляющих КПП к месту заправки транспорта. В статье показаны некоторые неочевидные особенности перевозки газа, рассмотрены такие факторы, пренебрежение которыми может сильно снизить выгоду от использования КПП в качестве топлива.

Часть 3. Виртуальная труба

Я.А. Евдокимов, научный сотрудник НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»,
Е.П. Лавров, начальник проектного отдела НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»

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

Ключевые слова:

автомобильная газонаполнительная компрессорная станция,
компримированный природный газ,
передвижной автомобильный газозаправщик (ПАГЗ).

Доставка КПП без трубопровода

Хорошо известны достоинства компримированного природного газа (КПП) как моторного топлива. Есть области, где использование КПП особенно выгодно, и одна из них – обеспечение топливом автопредприятий. Унифицированное газовое оборудование и организация обслуживания парка однородного транспорта снижают эксплуатационные расходы, а низкая цена топлива дает прямую экономию.

Крупные транспортные фирмы, например, занимающиеся городскими автобусными перевозками, могут быть заказчиками строительства АГНКС.

Место для АГНКС должно быть выбрано так, чтобы холостые пробеги транспорта на заправку и обратно были минимальны. Нельзя забывать о пониженном запасе хода газобаллонных автомобилей (ГБА) и повышенном времени их заправки по сравнению с заправкой жидким топливом. Все это усиливает требования к оптимальному месту расположения АГНКС.

С другой стороны, на расположение АГНКС накладываются определенные ограничения: не всегда имеется газопровод и возможность подключения к нему в желаемом месте заправки транспорта.

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

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

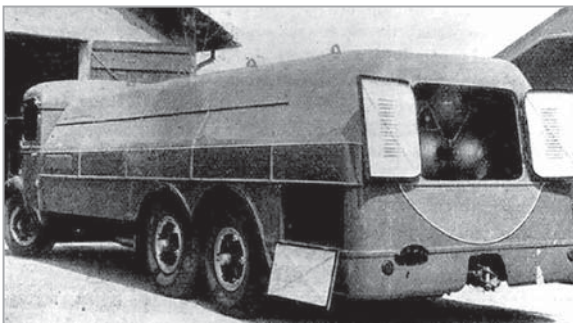


Рис. 1. ПАГЗ 1940-х годов, Италия (с сайта <http://www.federmetano.it/la-federazione/storia/>)

Со временем оказалось, что для повышения безопасности и удобства заправки автомобилей целесообразно оборудовать заправочную площадку аналогично стационарной АГНКС, то есть устраивать ограждения, монтировать стационарные колонки и систему контроля утечки газа (СКУГ). Также (об этом – ниже) иногда

целесообразно устанавливать стационарный компрессор для почти полной откачки газа из ПАГЗ.

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

Возможные структуры виртуальной трубы

Давление в баллонах ПАГЗ, разумеется, должно быть выше давления заправки автомобилей. Если все баллоны ПАГЗ объединены, то полезный объем газа, который можно заправить в автомобили, чрезвычайно мал. Его легко рассчитать как

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

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

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

по мере расходования газа в ПАГЗ скорость заправки уменьшается, с этим приходится мириться.

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

Важно понимать, что заправка автомобилей от ПАГЗ не может выполняться в произвольном месте. Для организации заправочной сети необходимо обустройство площадок, соответствующих определенным требованиям, в местах заправки транспорта. Имеет смысл установка компрессора не на ПАГЗ, а на заправочной площадке в сочетании с использованием простейшего ПАГЗ, подключаемого на вход этого компрессора.

Такое решение называется «дочерней АГНКС», дополняющей материнскую АГНКС, на которой заправляются ПАГЗ.

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

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

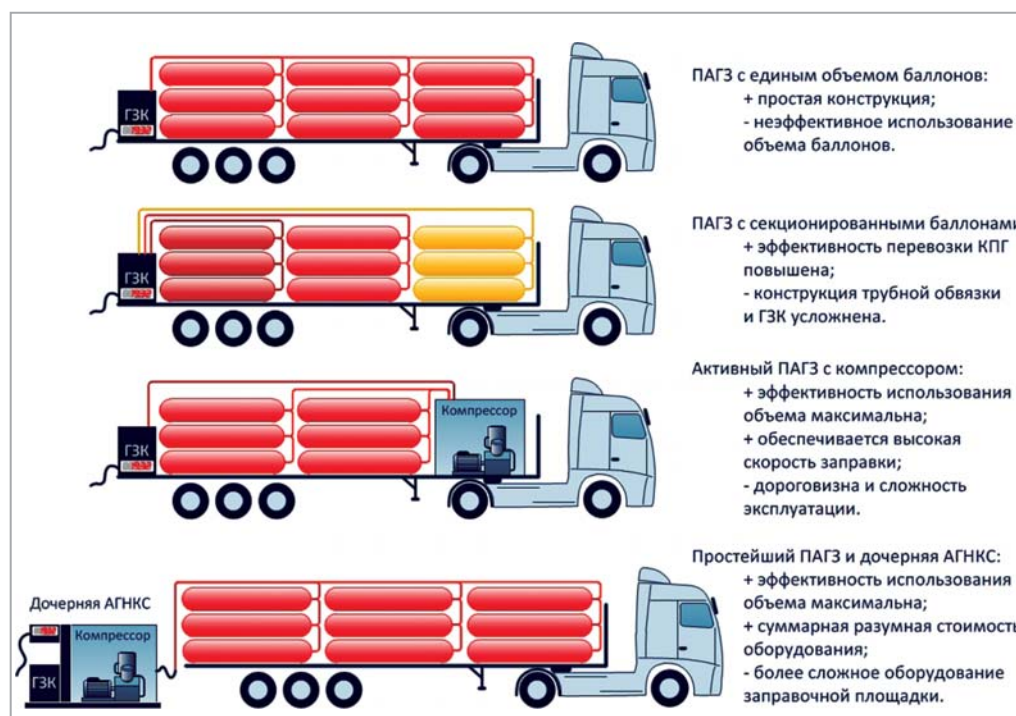


Рис. 2. Некоторые варианты структуры ПАГЗ, их преимущества (+) и недостатки (-)

Таблица 1

Возможные варианты структуры ПАГЗ и виртуальной трубы

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

СП 156.13130.2014, то есть:

- иметь ограждение;
- быть оснащенной системой пожаротушения;
- иметь молниезащиту и защиту от статического электричества;
- находиться не ближе оговоренных расстояний от дорог, строений, лесных массивов;
- удовлетворять другим требованиям, оговоренным для АГНКС.

Таким образом, использование ПАГЗ требует определенной инфраструктуры – во-первых, АГНКС, подсоединен-

ную к газопроводу и оборудованную для заправки ПАГЗ, во-вторых, сам ПАГЗ (один или несколько) и в-третьих, площадку (одну или несколько) для заправки автомобилей (рис. 3).

При организации заправки с помощью ПАГЗ зачастую не учитывают требования к площадке для этой цели, что приводит к ошибочному выводу, например, о высокой эффективности активного ПАГЗ. Да, активный ПАГЗ максимально эффективно использует полезный объем баллонов, но этот объем понижен, поскольку ПАГЗ перевозит

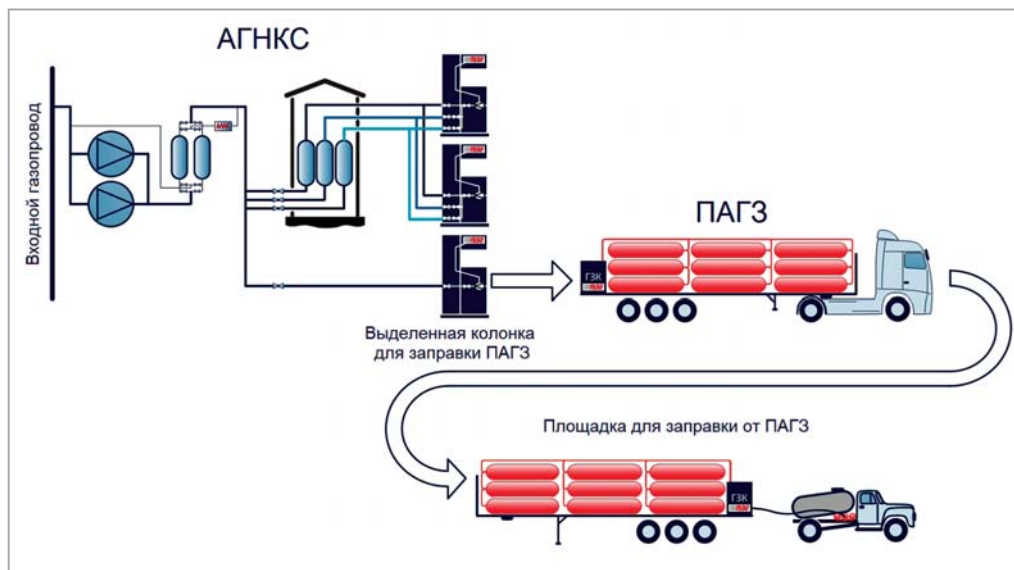


Рис. 3. Виртуальная труба с пассивным ПАГЗ

еще и компрессор. В то же время такой ПАГЗ все равно не полностью автономен в силу ограничений, накладываемых на место заправки автомобилей. В ряде случаев более эффективно будет дооборудовать место заправки компрессорным модулем, который не требуется никуда перевозить. Также (об этом уже упоминалось) на дочерней АГНКС могут быть стационарно смонтированы все системы, необходимые для коммерческой заправки, кроме собственно компрессора (рис. 4). Это допустимо для удешевления

при небольшой производительности виртуальной трубы.

Компоновка ПАГЗ и различные типы баллонов

Наиболее широко применяются два основных типа ПАГЗ: конструкция с малым числом больших баллонов (рис. 5а) и конструкция с кассетами, состоящими из большого числа баллонов меньшего объема (рис. 5б). На первый взгляд, увеличение объема отдельных баллонов

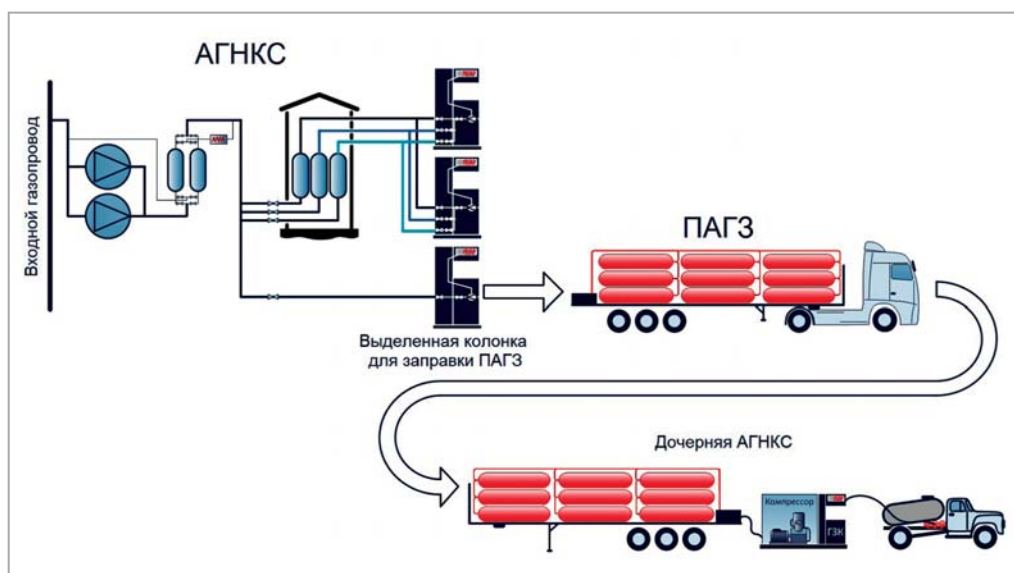


Рис. 4. Виртуальная труба с дочерней АГНКС



а



б

Рис. 5. Два варианта компоновки баллонов на ПАГЗ

повышает полезную нагрузку ПАГЗ. Тем не менее, на практике в настоящее время больше распространены ПАГЗ второго типа с большим числом и меньшим объемом баллонов. Причина в том, что цена баллонов непропорционально растет с увеличением объема. Кроме того, пожалуй, более важны надежность и безопасность: отдельный баллон можно легко отключить от общей обвязки в случае неисправности, лишь незначительно ухудшив общие характеристики ПАГЗ. Конструкция с большим числом баллонов проще масштабируется под разный объем ПАГЗ, а увеличение массы конструкции компенсируется применением современных легких баллонов.

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

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

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

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

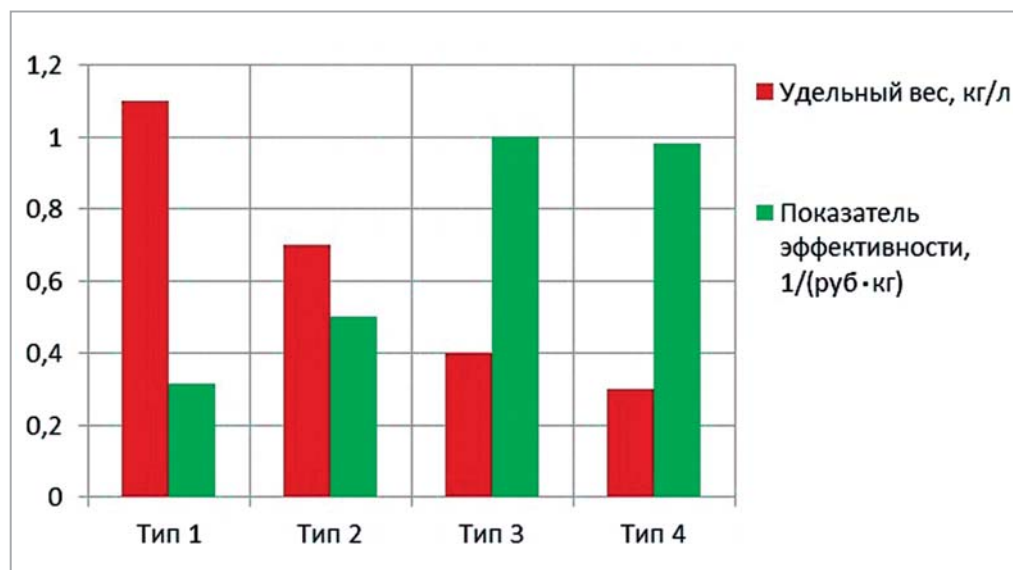


Рис. 6. Сравнение эффективности баллонов разных типов

Секционирование ПАГЗ

В нашей первой статье мы рассматривали особенности течения газа в баллон при заправке. Напомним основной момент: газ при течении в баллон нагревается, причем степень нагрева зависит как от скорости его течения, так и от теплоизоляции баллона. Чем быстрее заполняется баллон и чем лучше он изолирован от окружающей среды, тем выше нагрев. И, наоборот, при истечении из баллона газ охлаждается.

ПАГЗ представляет собой большую емкость. Понятно, что для быстрого заполнения требуется максимальный расход газа. Это приводит к тому же явлению недозаполнения при заправке, что и на малых баллонах автомобилей. Поскольку объем ПАГЗ велик, то заправка «по массе» (рассмотренная в первой статье данного цикла) не решает проблему. Единственный выход заключается в ограничении скорости заправки ПАГЗ и обеспечении отстоя ПАГЗ с выравниванием температуры и последующей дозаправкой. Если не учитывать это явление, то объем перевозимого в ПАГЗ газа будет существенно уменьшен. Важно понимать, что в паспортных характеристиках ПАГЗ указывается его вместимость для

«идеального» случая. Чтобы приблизиться к заявленной вместимости в реальной эксплуатации, необходимо несколько замедлить заполнение ПАГЗ. Такова неизбежная плата за полноту заполнения баллонов.

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

Необходимо упомянуть и еще один источник кажущегося «обмана» в характеристиках ПАГЗ. Состав газа в различных точках Единой системы газоснабжения несколько отличается, а вместимость ПАГЗ обычно рассчитывают применительно к чистому метану.

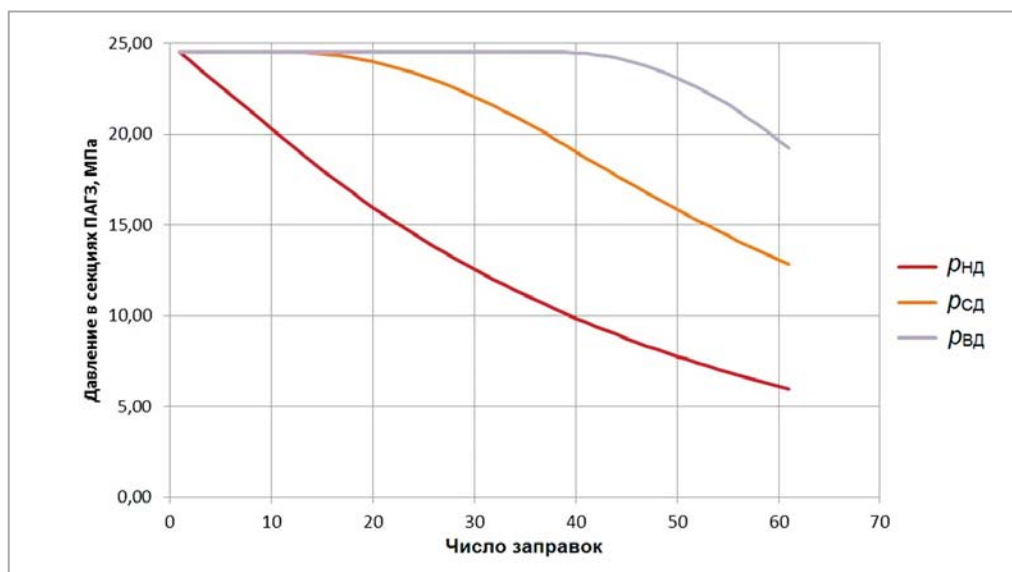


Рис. 7. Расчет давления в секциях ПАГЗ при заправке автомобилей:

$P_{нд}$, $P_{сд}$, $P_{вд}$ – давление в секциях низкого, среднего и высокого давления соответственно

На вид незначительное отличие в коэффициенте сжимаемости приводит на фоне большого давления и объема к заметному искажению характеристик в худшую сторону. Все перечисленное обязывает нас к тому, чтобы расчет ПАГЗ выполнялся под конкретные условия эксплуатации, а не использовались напрямую заявленные паспортные характеристики.

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

Если ПАГЗ не разделен на секции, то его эффективный объем – это газ, который попадет в баллоны заправляемых автомобилей до падения давления в заправщике. Как только давление снизится до давления заправки, она прекратится.

Нетрудно рассчитать, что использовано

$$\text{будет лишь } 100 \cdot \left(1 - \frac{19,6}{24,5}\right) = 20\%$$

общего объема газа в ПАГЗ. Остальной газ перевозится впустую, что снижает эффективность перевозки.

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

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

Эффективный объем, а значит и экономическая эффективность перевозки КПГ, повышается приблизительно в три раза при использовании трехсекционной схемы. Если для аккумуляторов АГНКС эффект от секционирования не столь очевиден на фоне усложнения и удорожания арматуры, то для пассивного ПАГЗ секционирование выгодно всегда.

Нужен ли дожимной компрессор?

20

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

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

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

Как уже упоминалось, фактическое использование объема ПАГЗ далеко от полного. Хорошим показателем является использование объема на 60...65 %, а это означает, что остальные 35...40 % газа возвращаются на пункт заполнения ПАГЗ. Чтобы избежать этого,

используют дожимной компрессор на дочерней АГНКС, при этом степень использования объема ПАГЗ возрастает до 95 % (большие значения не рекомендуются производителями баллонов, так как могут привести к снижению срока их эксплуатации). Разумеется, компрессор потребляет электроэнергию, к тому же появляются затраты на его установку и обслуживание.

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

Рассчитаем цену топлива, требуемого для перевозки 1 м³ газа при использовании пассивного ПАГЗ. Эта цена определяется расходом топлива тягача, ценой топлива и коэффициентом использования объема ПАГЗ. Если коэффициент равен 0,6, то паспортный объем ПАГЗ необходимо разделить на эту величину, чтобы получить истинный объем доставляемого потребителям газа.

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

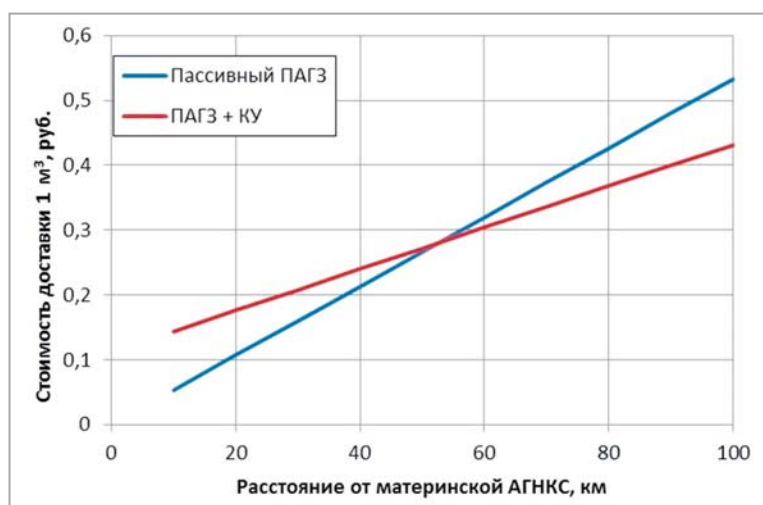


Рис. 8. Стоимость доставки газа при разных вариантах организации виртуальной трубы – пассивный ПАГЗ и компрессорная установка на дочерней АГНКС

Таблица 2

Рекомендуемые структуры виртуальной трубы

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

Пример расчета цены доставки газа показан на рис. 8. Рассматривался ПАГЗ вместимостью 5000 м³ с дизельным тягачом и дожимным компрессором мощностью 50 кВт. Видно, что при малом расстоянии от материнской АГНКС до места заправки автомобилей использование компрессора невыгодно. Но начиная примерно с 50 км расходы на перевозку начинают превышать расходы на сжатие газа, и появляется смысл в размещении компрессора на дочерней АГНКС. Это только пример. Для каждого конкретного проекта необходимо выполнять технико-экономические расчеты индивидуально.

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

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

местом установки ПАГЗ, полноценной СКУГ и несколькими заправочными постами, отличающуюся только тем, что станция подключается не к трубопроводу, а к ПАГЗ, устанавливаемому на выделенной площадке.

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

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

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

Преимущества:

- Расширенный температурный диапазон
- Минимальные потери газа
- Безопасность

Характеристика	Значение
Количество постов заправки, шт.	1 или 2
Количество линий давления, шт.	1, 2 или 3
Производительность заправки, кг/мин	1...50 (для автотранспорта) 1...70 (для ПАГЗ)
Рабочее давление, МПа	25
Давление заправки, МПа	19,6 (для автотранспорта) 24.5 (для ПАГЗ)
Рабочая температура воздуха, °С	от - 40 до + 40
Межповерочный интервал, лет	2
Погрешность измерения заправленного количества газа, не более, %	1
Габаритные размеры, мм	1065 x 595 x 2190
Интерфейс связи с системой учета	RS-485


КОМПРЕССОРНЫЕ МОДУЛИ СЕРИИ CLEVER – БЛОКИ АГНКС В ЗАВОДСКОЙ ГОТОВНОСТИ НА БАЗЕ ПОРШНЕВЫХ W-ОБРАЗНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Преимущества:

- Сокращение протяженности энергетических коммуникаций
- Уменьшение затрат на строительство и эксплуатацию
- Удобство технического обслуживания и ремонта

Модель	Краткое описание	Входное давление / Производительность	Применение
Clever-M	Компрессор и блок осушки в одном контейнере	1-6 бар: до 2000 Н.м ³ 6-12 бар: до 2500 Н.м ³	Ключевой блок АГНКС любой производительности
Clever-L	АГНКС в одном блоке	1-6 бар: до 1000 Н.м ³ 6-12 бар: до 1300 Н.м ³	АТП и МАЗС средней загрузки, коммерческие АГНКС
Clever-S	Мини-АГНКС в одном блоке	1-5 бар: до 150 Н.м ³	Малые АТП, МАЗС низкой загрузки
Clever-D	Дочерняя АГНКС	5-220 бар: до 3500 Н.м ³	Разгрузка пассивных ПАГЗ

Влияние холостых пробегов газовых городских автобусов на показатели производственно-хозяйственной деятельности

А.А. Евстифеев, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
А.Е. Ермолаев, зам. начальника лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

В работе проведено исследование влияния изменения ряда ключевых показателей производственно-хозяйственной деятельности автотранспортного предприятия, занимающегося пассажирскими перевозками, за полный жизненный цикл транспортного средства (автобус). Исследование показывает влияние начальной стоимости транспортного средства, дальности холостых пробегов, стоимости дизельного и газового моторного топлива на эффективность работы автобусов на сжатом природном газе при выполнении городских пассажирских перевозок на регулярной основе государственными муниципальными предприятиями и коммерческими перевозчиками. Проведен анализ экономической политики компаний, производителей транспортных средств, по степени заинтересованности в освоении рыночной ниши по производству пассажирских автобусов на КПГ.

Ключевые слова:

холостые пробеги газовых автобусов;
рентабельность городских пассажирских перевозок;
амортизация транспортных средств;
инфраструктура сервисного обслуживания и газовой заправки.

Вопрос влияния стоимости единицы топлива на общую рентабельность производственной деятельности автотранспортного предприятия (АТП) поднимался в научных статьях различных авторов неоднократно [1-13]. Например, в работе [2] представлен сравнительный расчет для АТП по перевозке твердых бытовых отходов, который показал возможность получения прибыли.

Опыт эксплуатации городских автобусов заводского исполнения на сжатом природном газе (КПГ) в различных регионах Российской Федерации показал неоднозначный

экономический эффект. Например, в Санкт-Петербурге эксплуатация 45 автобусов на КПГ за 2015 г. принесла 35 млн руб. убытка по отношению к дизельным автобусам, работающим на тех же маршрутах. Представители автотранспортного предприятия назвали следующие основные причины возникновения данных убытков: холостые пробеги на газозаправочные станции; необходимость перегона автобусов на сертифицированный центр для технического обслуживания и ремонта; вынужденную переработку водителей; разность в амортизационных отчислениях за счет более высокой базовой стоимости

транспортного средства (ТС); платежи банкам.

Исследование, проведенное в данной работе, затрагивает влияние следующих показателей: начальная стоимость транспортного средства, дальность холостых пробегов, стоимость дизельного и газового моторного топлива.

В процессе выбора транспортных средств для их последующего сравнения был проведен анализ различных предложений на рынке. Особое внимание уделялось отечественным производителям автобусов в газовом исполнении, выпускаемых в заводских условиях.

Анализ показал, что разные производители решают для себя вопрос заинтересованности в выпуске транспортных средств с оборудованием для КПП по-разному. Одним из наиболее показательных критериев заинтересованности компании является ценовая политика.

Например, у НЕФАЗа повышение начальной стоимости схожего по техническим характеристикам автобуса составляет около 15...20 % к его дизельному аналогу, а у ЛИАЗа – уже 45...60 %. Таким образом завод ЛИАЗ старается сократить число производимых и реализуемых им автобусов с газобаллонным оборудованием ввиду неготовности сети сервисных центров ЛИАЗа к обеспечению клиентов полным гарантийным и постгарантийным техническим обслуживанием.

В качестве автобусов для сравнения (табл. 1) были выбраны транспортные средства компании НЕФАЗ, обладающие близкими техническими характеристиками, выпускающиеся серийно на конвейере завода-изготовителя и имеющие наименьшую разницу в стоимости.

В процессе исследования дальности холостых пробегов были выделены две ключевые составляющие, характерные

Таблица 1

Основные технические характеристики автобусов НЕФАЗ на базе шасси КАМАЗ-5297

Параметры	Модификация	
	Дизельная	Газовая
Модель	НефАЗ-5299-20-31	НефАЗ-5299-20-32
Габаритные размеры, мм	11760 × 2500 × 3036	11760 × 2500 × 3495
Колесная база, мм	5840	5840
Дорожный просвет, мм	255	255
Максимальная пассажироместность, чел.	106	105
Число мест для сидения, чел.	25	25
Размер шин, мм	275/70 R22,5	275/70 R22,5
Радиус поворота, м	12	12
Полная масса, кг	16 900	16 900
Двигатель	Cummins 6 ISBe 270 B	820.60-260
Рабочий объем, л	6,7	11,76
Мощность, кВт/мин ⁻¹	196 / 2500	191 / 2200
Крутящий момент, Н.м/мин ⁻¹	970 / 1200...1700	1078 / 1400
Коробка передач	Механическая	Механическая
Число ступеней КП	6	6
Максимальная скорость, км/ч	80	80
Тип топлива	Дизельное	КПП
Расход топлива	35 л/100 км	42 м ³ /100 км
Вместимость топливного бака	350 л	197 м ³
Стоимость единицы, руб.	4 257 000	5 210 000

Таблица 2

**Показатели частоты и времени заправки автобусов НЕФАЗ
на базе шасси КАМАЗ-5297**

Характеристики	Модификация	
	Дизельная	Газовая
Модель	НефАЗ-5299-20-31	НефАЗ-5299-20-32
Расход топлива	35 л/100 км	42 м ³ /100 км
Вместимость топливного бака	350 л	197 м ³
Расчетный пробег на одной заправке, км	950	432,5
Относительный коэффициент частоты заправки, ед./1000 км	1,052	2,312
Среднее время полной заправки, мин	8...10	10...15

для транспортных средств на компримированном природном газе: пробег до автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (АГНКС); пробег до сертифицированного и оборудованного для обслуживания газобаллонных транспортных средств пункта технического обслуживания.

Холостой пробег до АГНКС может быть рассчитан, исходя из объема газовых баллонов и фактического годового пробега транспортного средства (табл. 2).

Приведенные в табл. 2 показатели частоты заправки автобусов свидетельствуют, что автобусы на КПГ в два раза чаще заправляются. Это приводит к двукратному увеличению дальности холостого пробега до заправки при наличии станции на одинаковом расстоянии от автобусного парка или конечной остановки маршрута.

К сожалению, в настоящее время уровень развития инфраструктуры газовой заправки много ниже уровня развития сети заправок жидким моторным топливом. Например, в Санкт-Петербурге есть всего две станции, расположенные на кольцевой дороге в пригороде возле аэропорта Пулково и в Петергофе. От ближайшего автобусного парка, расположенного на проспекте Стачек, 108 в Санкт-Петербурге (рис. 1), до станции заправки метаном 11 км, которые преодолеваются за 21 мин при отсутствии заторов на дорогах. При этом заправка

жидким моторным топливом расположена на расстоянии 0,11 км от парка по адресу просп. Стачек, 108а, лит. А. Таким образом, разность холостых пробегов на заправку дизельных и газовых автобусов для ближайшего парка составляет $2 \cdot (11,02 - 0,11) = 21,82$ км на одну заправку.

Получить общий годовой холостой пробег на заправку для автобуса можно по следующей формуле:

$$L_{\text{хпз}} = 2 k_3 L_3 Q,$$

где $L_{\text{хпз}}$ – протяженность холостых пробегов до заправки, км; k_3 – относительный коэффициент частоты заправки, ед./1000 км; L_3 – расстояние до АГНКС для газовых автобусов и до АЗС для дизельных автобусов; Q – среднегодовой пробег автобуса, тыс. км.

Показатели холостых пробегов и времени заправки автобусов НЕФАЗ приведены в табл. 3.

Холостой пробег до сертифицированного и оборудованного пункта ТО для газобаллонных транспортных средств может быть рассчитан исходя из установленной заводом-изготовителем периодичности обслуживания и фактического годового пробега ТС.

Несмотря на то, что группа компаний КАМАЗ в настоящее время имеет 48 действующих центров обслуживания автомобилей с газовым оборудованием, их размещение является неудобным, а количество явно недостаточным.

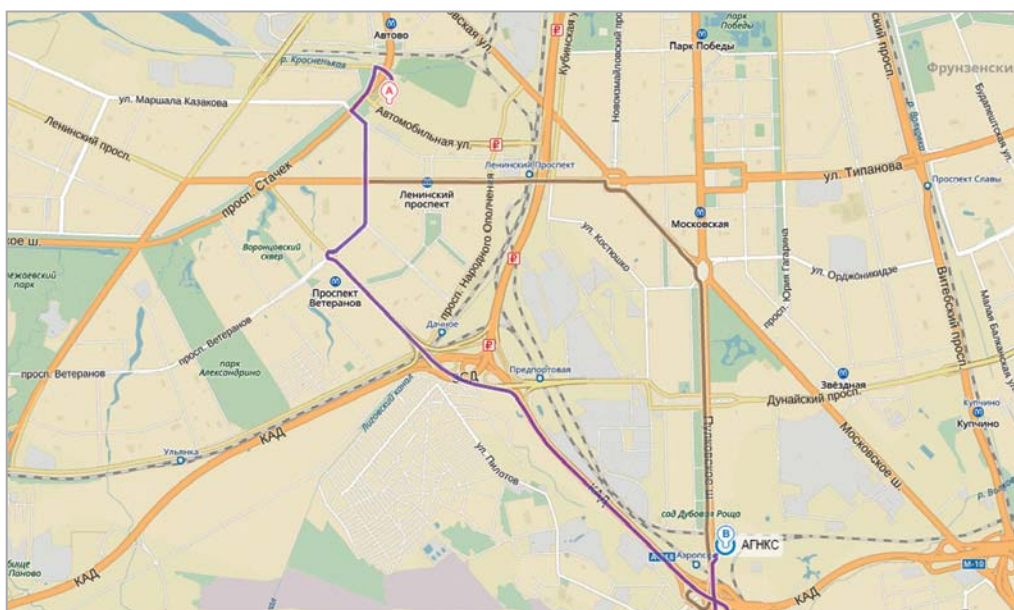


Рис. 1. Маршрут на заправку от ГУП Пассажиравтотранс Автобусный парк № 5

Таблица 3

Показатели холостых пробегов и времени заправки автобусов НЕФАЗ

Характеристики	Модификация	
	Дизельная	Газовая
Модель	НефАЗ-5299-20-31	НефАЗ-5299-20-32
Расстояние до заправки, км	0,11	11,02
Общее время на дорогу к заправке, мин	2	42
Среднее время полной заправки, мин	8...10	10...15
Среднее время ожидания в очереди, мин	5	20
Холостой пробег на заправку автобуса, км/год	16,66	3668,87
Относительный коэффициент частоты заправки, ед./1000 км	1,052	2,312
Расход топлива на холостые пробеги до заправки, ед. топ./год	5,6 л	1 540,93 м ³
Время заправки одного автобуса, ч(ч/год)	0,25...0,28 (18,94...21,46)	1,2...1,3 (175,39...187,57)

На рис. 2 и в табл. 4 приведен пример для автобусного парка г. Санкт-Петербург. На рисунке отмечен маршрут до единственного в городе сервисного центра, оборудованного для обслуживания газовых транспортных средств. Расстояние до него от парка составляет 43 км в одну сторону, следовательно, чтобы ТС прошло периодическое техническое обслуживание или ремонт необходимо

проехать не менее 86 км.

Приведенные в табл. 5 и 6 расчетные значения показывают, что при наличии холостых пробегов на уровне 4,36 тыс. км в год эксплуатационные расходы для аналогичных по своим производственным показателям транспортных средств будут равны между собой, несмотря на разницу в 50 % стоимости единицы газового и нефтяного топлива. Следует заметить,

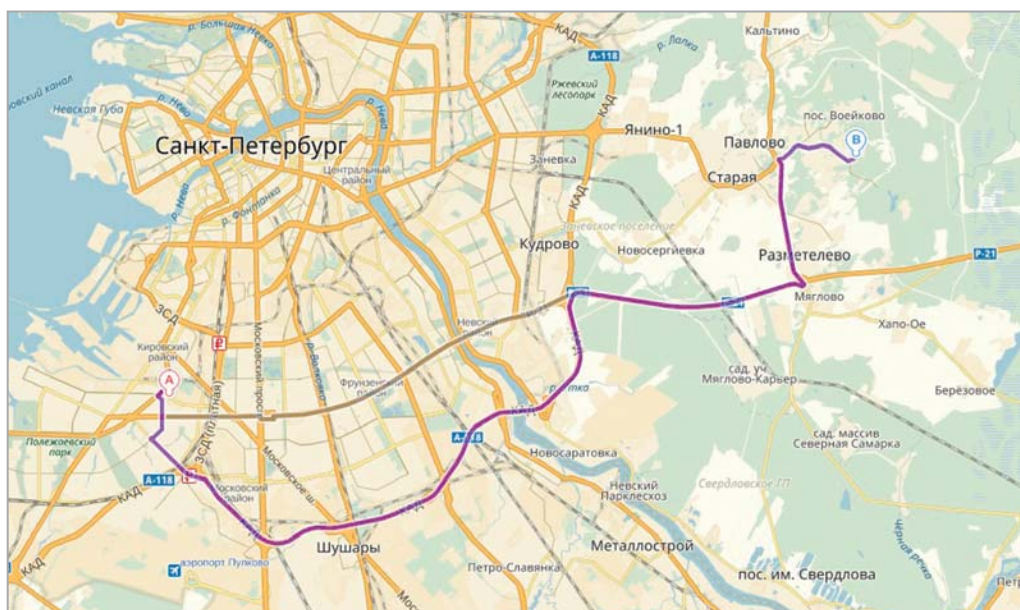


Рис. 2. Маршрут в сервисный центр от ГУП Пассажиравтотранс автобусный парк № 5

Таблица 4

Показатели холостых пробегов в сервисный центр автобусов НЕФА3

Характеристики	Модификация	
	Дизельная	Газовая
Модель	НефаА3-5299-20-31	НефаА3-5299-20-32
Расстояние до сервисного центра, км	11	43
Число плановых посещений сервисного центра в год	8	8
Общее время на дорогу до сервисного центра, мин	20	45
Холостой пробег до сервисного центра, км/год	158,4	688,0
Расход топлива на холостые пробеги до заправки, ед. топ./год	55,44 л	288,96 м ³
Время на перегон и сдачу автобусов в сервисный центр, ч (ч/год)	1,15 (9,2)	2,0 (16,0)

что при равных с дизельным автобусом холостых пробегах достигается сокращение эксплуатационных расходов за счет экономии топлива и моторесурса, что дает выгоду около 300 тыс. руб. за весь срок использования автобуса.

Проведем анализ статьи «эксплуатационные затраты» для дизельной и газовой модификаций пассажирского автобуса в части влияния базовой стоимости транспортного средства и изменения стоимости топлива. На рис. 3 и 4 приведены графики зависимости

эксплуатационных затрат от изменения стоимости единицы приобретаемого моторного топлива. За счет более высокой стоимости дизельного топлива повышение его цены имеет более значительное влияние, чем такое же пропорциональное увеличение базовой стоимости автобуса.

Статистика динамики изменения стоимости газового моторного и дизельного топлив показывает, что за счет ежегодной индексации стоимости природного газа, являющегося сырьем

Таблица 5

Расчет эксплуатационных расходов для единицы подвижного состава при выполнении перевозок дизельным автобусом

Наименование показателей, млн руб.	Всего	Годы							
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Затраты на покупку топлива	6,7	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
ТО и текущий ремонт	1,8	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231	0,231
техобслуживание	1,5	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189
текущий ремонт	0,3	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
ОСАГО	0,1	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Заработная плата	15,0	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
ФОТ	11,5	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
страховые взносы	3,5	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Амортизация производственных объектов	3,6	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Автобус НЕФАЗ-5299-20-31	3,6	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Дополнительные затраты	0,7	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Прочие	0,7	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Природоохранные мероприятия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Транспортный налог	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Эксплуатационные расходы по проекту	28,0	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Эксплуатационные расходы по проекту без амортизационных отчислений	24,4	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Эксплуатационные расходы по проекту без налога на имущество	27,9	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

Таблица 6

Расчет эксплуатационных расходов для единицы подвижного состава при выполнении перевозок газовым автобусом

Наименование показателей, млн руб.	Всего	Годы							
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Затраты на покупку топлива	4,8	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
ТО и текущий ремонт	2,7	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340	0,340
техобслуживание	2,3	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288	0,288
текущий ремонт	0,4	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052	0,052
ОСАГО	0,1	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Заработная плата	15,0	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87
ФОТ	11,5	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44	1,44
страховые взносы	3,5	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Амортизация производственных объектов	4,4	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Автобус НЕФАЗ-5299-20-32	4,4	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Дополнительные затраты	0,8	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Прочие		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Природоохранные мероприятия	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Транспортный налог	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Эксплуатационные расходы по проекту	28,0	3,496	3,496	3,496	3,496	3,496	3,496	3,496	3,496
Эксплуатационные расходы по проекту без амортизационных отчислений	23,6	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Эксплуатационные расходы по проекту, без налога на имущество	27,8	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

для производства КПП, отмены регулирования и при переходе к рыночному ценообразованию на АГНКС стоимость одного м³ КПП за 2013-2015 гг. поднялась на 20 % с 11...12 до 13,5...14,5 руб./м³, в то время как стоимость дизельного топлива за этот же период времени выросла всего на 2...3 %.

Проведенный анализ влияния базовой стоимости транспортного средства

показывает, что за срок эксплуатации 8 лет (несмотря на то, что затраты на покупку моторного топлива для газового автобуса на 29,3 % меньше затрат на покупку дизельного топлива) более высокая базовая стоимость ТС приводит к росту статьи «Амортизационные отчисления», что полностью нивелирует экономическую выгоду от перехода АТП на природный газ.

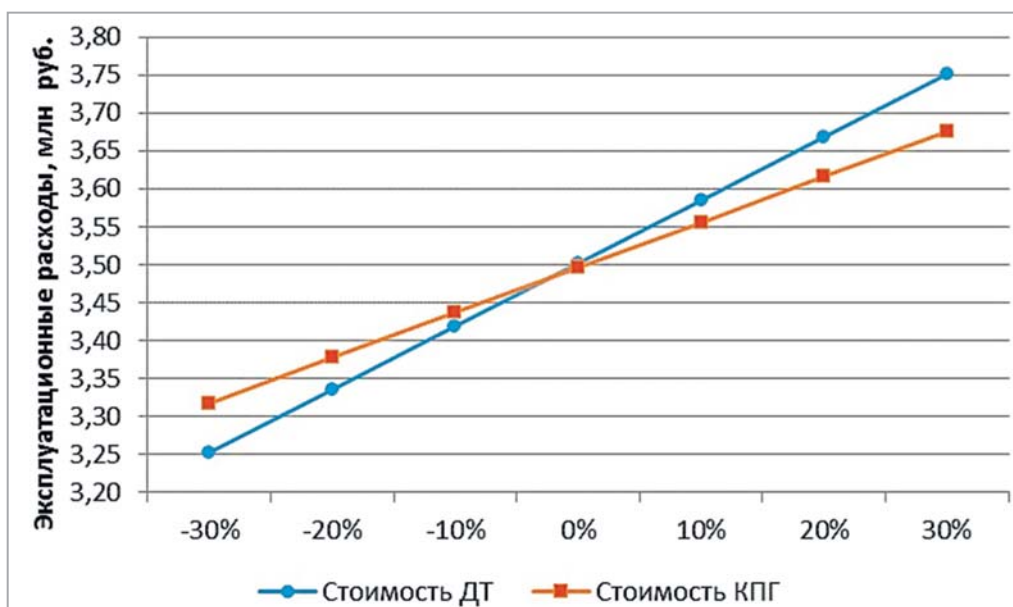


Рис. 3. График зависимости эксплуатационных затрат от стоимости моторного топлива

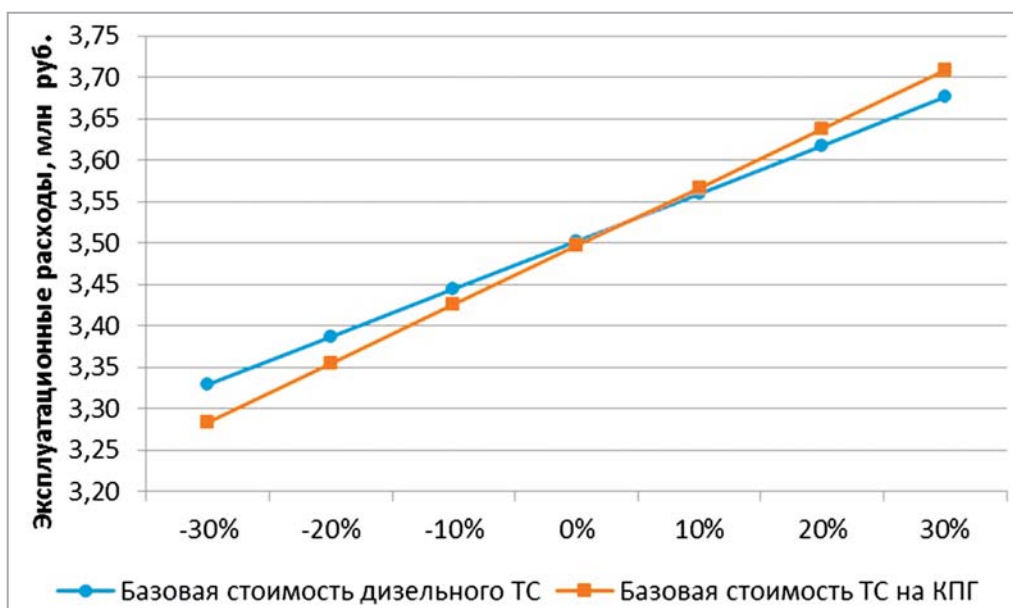


Рис. 4. График зависимости эксплуатационных затрат от базовой стоимости транспортного средства

В статье проведен анализ ключевых показателей, влияющих на эксплуатационные затраты автобусов, в числе которых начальная стоимость транспортного средства, дальность холостых пробегов, стоимость дизельного и газового моторных топлив. Проведенный анализ показал, что среди перечисленных показателей наиболее значительное влияние оказывают базовая стоимость автобуса и цена моторного топлива.

Более высокая базовая стоимость автобуса через ряд статей затрат (например, амортизационные отчисления, стоимость текущего ремонта и технического обслуживания) вносит наибольший вклад в снижение экономической эффективности эксплуатации автобусов на КПП. При самой маленькой разности на уровне 15...20 % между базовой стоимостью газовых автобусов из представленных

на рынке, цене КПП на уровне 50 % от дизельного топлива и одинаковых холостых пробегах экономия за весь нормативный срок эксплуатации (8 лет) составит всего 300 тыс. руб.

Холостые пробеги имеют достаточно слабое влияние на эксплуатационные затраты транспортного средства и повышают их в среднем на 10 тыс. руб. на 1000 км. Таким образом, даже при дальности холостых пробегов, равных 10...20 % годового пробега (14,4 тыс. км), эксплуатационные расходы увеличатся на 72...144 тыс. руб. При этом более значительным является снижение совокупного коэффициента готовности автоколонны, которое может потребовать ввода в эксплуатацию дополнительных транспортных средств, что в свою очередь повысит капитальные затраты.

Литература

1. Евстифеев А.А., Заева М.А., Хетагуров Я.А. Методы и средства оптимизации размещения объектов производственно-сбытовой инфраструктуры. В книге: НАУЧНАЯ СЕССИЯ НИЯУ МИФИ-2015. Аннотации докладов: в 3-х томах, отв. ред. О.Н. Голотюк. – М.: изд-во МИФИ, 2015. – С. 74.
2. 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.
3. Евстифеев А.А., Шувалов Б.В., Хачатурова Э.Г. Мониторинг объектов и моделирование технологического процесса в системе поддержки принятия решений по развитию сети криогенных заправочных станций. В книге: НАУЧНАЯ СЕССИЯ НИЯУ МИФИ-2015. Аннотации докладов: в 3-х томах, отв. ред. О.Н. Голотюк. – М.: изд-во МИФИ, 2015. – С. 78а.
4. Попов М.А., Егорова А.Н., Евстифеев А.А. Моделирование и оптимизация мест размещения объектов газовой заправки транспорта. В книге: НАУЧНАЯ СЕССИЯ НИЯУ МИФИ-2015. Аннотации докладов: в 3-х томах, отв. ред. О.Н. Голотюк. – М.: изд-во МИФИ, 2015. – С. 97а.
5. Евстифеев А.А., Дрыгина Ю.Н., Ермолаев А.Е. Моделирование и оптимизация процесса развития производственно-сбытовой сети газовых заправочных станций // Газовая промышленность. – 2015. – № S3 (728). – С. 30-33.
6. Евстифеев А.А. Математическая модель определения численности и производительности заправочных колонок на АГНКС // Газовая промышленность. – 2015. – № 8 (726). – С. 95-97.
7. Евстифеев А.А. Размещение объектов инфраструктуры газовой заправки транспорта // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 6 (48). – С. 26-39.
8. Евстифеев А.А. Анализ эффективности производственного процесса на АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 5. – С. 27-33.
9. Евстифеев А.А. Метод формирования адекватной стоимости газового моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 2 (44). – С. 41-46.
10. Евстифеев А.А., Шувалов Б.В., Хачатурова Э.Г. Мониторинг объектов и моделирование технологического процесса в системе поддержки принятия решений по развитию сети криогенных заправочных станций // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. – 2015. – № 5. – Т. 4. – С. 458-463.
11. Evstifeev A., Zaeva M., Krasnikova S., Shuvalov V. Multi-criteria equipment control in complex engineering systems // Asian Journal of Applied Sciences. – 2015. – № 1. – Т. 8. – P. 86-91.
12. Евстифеев А.А. Обеспечение муниципальных автобусных парков мегаполиса газовым моторным топливом // Газовая промышленность. – 2014. – № 2 (702). – С. 86-89.
13. Евстифеев А.А. Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3 (39). – С. 53-60.

Техническое состояние и эксплуатационные показатели автомобильных газонаполнительных компрессорных станций

По состоянию на начало 2016 г. в 19 дочерних обществах ПАО «Газпром», перечисленных ниже, эксплуатируются автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) общим числом 230 единиц.

Перечень дочерних обществ

ПАО «Газпром», эксплуатирующих АГНКС

1. ООО «Газпром добыча Кузнецк»
2. ООО «Газпром добыча Надым»
3. ООО «Газпром трансгаз Беларусь»
4. ООО «Газпром трансгаз Волгоград»
5. ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»
6. ООО «Газпром трансгаз Казань»
7. ООО «Газпром трансгаз Краснодар»
8. ООО «Газпром трансгаз Махачкала»
9. ООО «Газпром трансгаз Москва»

10. ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»
11. ООО «Газпром трансгаз Самара»
12. ООО «Газпром трансгаз Саратов»
13. ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»
14. ООО «Газпром трансгаз Сургут»
15. ООО «Газпром трансгаз Томск»
16. ООО «Газпром трансгаз Уфа»
17. ООО «Газпром трансгаз Ухта»
18. ООО «Газпром трансгаз Чайковский»
19. ООО «Газпром трансгаз Югорск»

На станциях установлено компрессорное оборудование различной производительности общей численностью 622 ед., при этом перечень фирм-производителей данного оборудования достаточно ограничен и приведен в табл. 1. Технические характеристики данного оборудования приведены в табл. 2.

Таблица 1

Перечень фирм-производителей компрессорного оборудования и его численность на АГНКС

Отечественные производители		Иностранные компании	
Наименование	Количество	Наименование	Количество
Завод «Борец», г. Москва	240	Машиностроительный и чугунолитейный завод «Вурцен», Лейпциг (Германия)	175
ОАО «Пензкомпрессормаш»	16	СМНПО им. Фрунзе (Украина)	118
ООО «Метания»	9	Nuovo Pignone (Италия)	35
Уральский компрессорный завод, г. Екатеринбург	4	«Safe CNG Technology» (Италия)	7
		Bauer Compressoren (Германия)	6
		GreenField (Швейцария)	5
		Fornovo Gas (Италия)	2
		NGC Galileo (Аргентина)	2
		Sulzer (Германия)	2
«Леоберсдорфер Maschinenfabrik» (Австрия)	1		
Всего	269		353

Таблица 2

Технические характеристики и производительность компрессоров АГНКС

Производитель	Модель	Давление на входе, МПа	Давление на выходе, МПа	Число ступеней	Номинальная мощность, кВт	Производительность, м ³ /мин
Оборудование российского производства						
Завод «Борец», г. Москва	2ГМ4-1,3/12-250	6...12	250	2	126	1,40
	4ГМ 2,5-1,2/10-250	6...12	250	4	130	1,40
ОАО «Пензкомпрессормаш»	2ГУ2,0-0,05/20/200	30...75	250	2	22	0,05
Уральский компрессорный завод, г. Екатеринбург	6ГШ 1,6-2/1,1-320Г	3...12	250	2	55	2,00
Оборудование иностранного производства						
Safe S.R.L. CNG Technology (Италия)	S9-75 F 0,6-EM	0,05...0,8	25	4	22	6,00
	B 30-30 PC	20...250	300	2	15...75	–
	ST75F6-EM	0,05... 0,8	25	4	22	6,00
	ST90T12-EM	0,05...0,8	25	4	–	12,00
	SW132F12-EM	1...12	225	2	132	11,66...20
	SW132F6-EM	1...12	225	2	132	11,66...20
Nuovo Pignone (Италия)	2AVTN/3	10...24	–	–	61...100	5,7...13,3
	2BVTN/3	5...17	–	–	97...205	8,17...28,5
	BVTN/2	20...60	–	–	48...103	5,6...24
СМНПО им. Фрунзе (Украина)	2ГМ2,5-0,15/75	74	247	2	4	0,15
	3ГШ 1.6-1.2/1.5-230	12	230	3	55	1,20
	4ГМ 2,5-У-2,25/6-251	3...6	250	1	160	7,33...12
Машиностроительный и чугунолитейный завод «Вурцен» (Германия)	2НВ2К 160/ 100 S1	–	–	–	–	–
	4HR3KN-200/210-5-249-WL	3...5	250	4	295	18...29
Sulzer (Германия)	C3U209-GPC	8,5	251	–	110	9,57
Bauer Compressoren (Германия)	CFS26.10	2...4,5	250	4	132	5...9
Fornovo Gas (Италия)	3DA300-132 SKID	5	250	3	132	13,33
GreenField (Швейцария)	C3U210.-GP	7...19	271	–	210	7,3...12,5
«Леоберсдорфер Maschinenfabrik» (Австрия)	BS302-319 S25	3,5...7	–	3	215	15,3...30,3
NGC Galileo (Аргентина)	COMPR.JGN-2 275-3-1.75	–	–	–	–	–

– Нет данных.

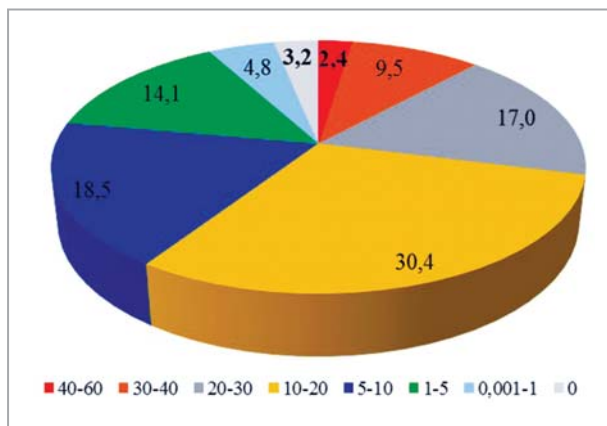


Рис. 1. Наработка компрессорного оборудования АГНКС

После ранжирования по наработке компрессорного оборудования были получены диаграммы, представленные на рис. 1 и 2.

Из всех установленных и эксплуатируемых в настоящее время компрессоров 15 ед. (2,4 %) выработали ресурс до капитального ремонта и из них отремонтировано только 6 ед. (40 %), при этом 20 компрессоров (3,2 %) ни разу в работе не использовались.

Средняя наработка компрессорного оборудования АГНКС составляет 14 730 ч, при этом средний срок его эксплуатации равен 22 годам, следовательно, среднестатистическая наработка одного компрессора составляет 669,54 ч/год из общего фонда рабочего времени, составляющего 8 000 рабочих часов в год.

Установленные на станциях 20 компрессоров, ни разу не использованные по назначению, являются, по сути, замороженными инвестициями.

Из полностью выработавших свой ресурс 15 компрессоров только 40 % прошли капитальный ремонт. Непрошедшие его компрессоры выведены из работы в ожидании ремонта или замены. В целом по всем эксплуатирующим организациям капитальный ремонт прошли 14 % компрессоров с различными сроками эксплуатации и наработкой (рис. 3).

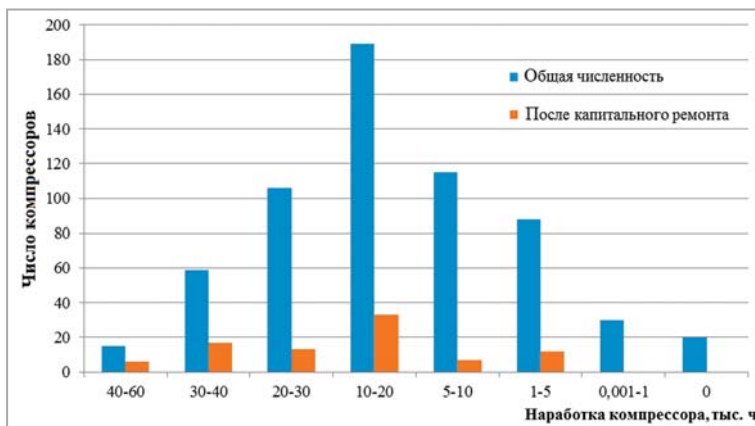


Рис. 2. Соотношение компрессоров после капитального ремонта с общей их численностью

В целом за 2014 г. организациями, эксплуатирующими АГНКС в ПАО «Газпром», было реализовано 406,904 млн м³ компримированного природного газа (КПГ). 60,436 млн м³ было реализовано собственному транспорту, остальные 346,468 млн м³ были реализованы потребителям, не относящимся к организациям Группы «Газпром».

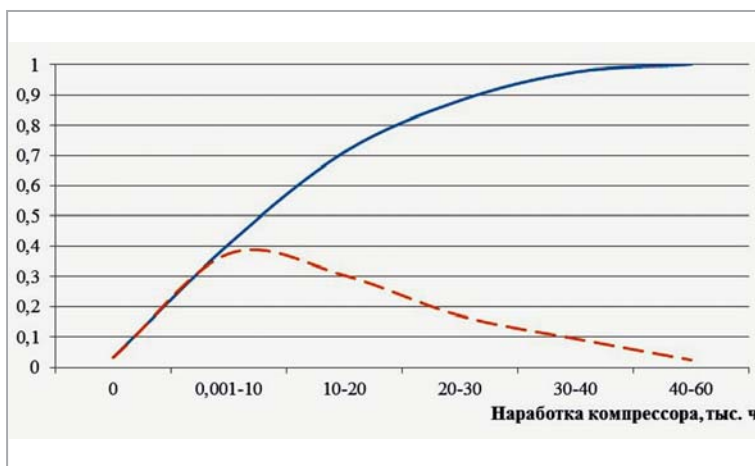


Рис. 3. Графики вероятности наработки для компрессора и функции распределения вероятностей:
сплошная линия – график функции распределения вероятностей наработки компрессоров;
пунктирная – график вероятности наработки для компрессора

В 2015 г. сохранился положительный тренд в потреблении транспортом компримированного природного газа, за год оно выросло на 3,4 % или на 14,315 млн м³, что при средней стоимости КПП по РФ

на уровне 12,5 руб./м³ позволило получить 178,944 млн руб. выручки. В табл. 3 приведены данные по объемам реализации КПП организациями Группы «Газпром» за 2014-2015 гг.

Таблица 3

Объемы реализации КПП по дочерним обществам ПАО «Газпром»

№	Наименование дочернего общества	Объем реализации КПП, тыс. м ³		Изменение объема реализации, %
		2014 г.	2015 г.	
1	ООО «Газпром добыча Кузнецк»	0	227,874	-
2	ООО «Газпром добыча Надым»	803,103	951,674	+15,61
3	ООО «Газпром трансгаз Беларусь»	20 069,226	20 780,572	+3,42
4	ООО «Газпром трансгаз Волгоград»	19 781,905	20 142,136	+1,79
5	ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»	61 582,38	61 972,877	+0,63
6	ООО «Газпром трансгаз Казань»	10 832,936	11 199,452	+3,27
7	ООО «Газпром трансгаз Краснодар»	76 448,610	81 532,800	+6,24
8	ООО «Газпром трансгаз Махачкала»	1 647,825	1 597,376	-3,16
9	ООО «Газпром трансгаз Москва»	57 201,838	52 898,079	-8,14
10	ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»	12 810,072	17 717,765	+27,70
11	ООО «Газпром трансгаз Самара»	9 137,604	11 356,865	+19,54
12	ООО «Газпром трансгаз Саратов»	6 125,469	7 088,236	+13,58
13	ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»	63 168,613	60 458,542	-4,48
14	ООО «Газпром трансгаз Сургут»	1 343,245	1 536,702	+12,59
15	ООО «Газпром трансгаз Томск»	28 665,499	28 390,473	-0,97
16	ООО «Газпром трансгаз Уфа»	24 577,270	25 322,948	+2,94
17	ООО «Газпром трансгаз Ухта»	3 178,342	3 666,240	+13,31
18	ООО «Газпром трансгаз Чайковский»	4 870,673	9 178,392	+46,93
19	ООО «Газпром трансгаз Югорск»	4 660,385	5 201,544	+10,40
ИТОГО		406 904,995	421 220,553	+3,40

Применение природного газа в дизеле с турбонаддувом

В.А. Лиханов, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА», д.т.н.,
О.П. Лопатин, доцент кафедры ФГБОУ ВО «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 эффективных и экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 путем применения компримированного природного газа (КПГ).

Ключевые слова:

дизель, компримированный природный газ, турбонаддув, эффективные показатели, токсичность, отработавшие газы.

Исследования улучшения экологических и эффективных показателей дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 (таблица) при работе на КПГ (80 % – природный газ, 20 % – запальная порция ДТ) предусматривали проведение его стендовых испытаний при работе по дизельному и газодизельному процессам с целью определения и оптимизации основных параметров работы двигателя.

На дизеле с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 были сняты регулировочные характеристики в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ) по дизельному и газодизельному процессам с одновременным индицированием рабочего процесса [1] и определением токсичности и дымности отработавших газов (ОГ). Характеристики снимались

Технические характеристики газодизеля 4ЧН 11,0/12,5

Показатель	Величина
Рабочий объем двигателя, л	4,75
Число цилиндров	4
Степень сжатия	16
Диаметр поршня, мм	110
Ход поршня, мм	125
Тип системы охлаждения	Жидкостная
Марка турбокомпрессора	ТКР-6
Номинальная мощность, кВт	80
Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	2400
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1900
Расход на номинальном режиме, кг/ч	
природного газа	14
дизельного топлива	3

для определения оптимального значения установочного УОВТ по дизельному и газодизельному процессам при равных значениях средних эффективных давлений, а также для оптимизации процесса сгорания в дизеле, его экологических и эффективных показателей.

Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 по результатам исследований в зависимости от изменения установочного УОВТ для частоты вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ представлено на рис. 1. Из графиков видно, что с увеличением установочного УОВТ содержание NO_x в ОГ при работе двигателя по дизельному процессу возрастает от 180 ppm при $\Theta_{\text{впр}} = 5^\circ$ до 188 ppm при $\Theta_{\text{впр}} = 17^\circ$. При работе двигателя по газодизельному процессу содержание NO_x при $\Theta_{\text{впр}} = 5^\circ$ составляет 170 ppm, а при $\Theta_{\text{впр}} = 14^\circ$ уже 174 ppm. Во всем диапазоне изменения установочного УОВТ содержание оксидов азота в ОГ имеет меньшие на 6...8 % значения для газодизеля. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ содержание NO_x снижается на 6 % (со 183 до 172 ppm). Это связано с уменьшением коэффициента избытка воздуха, приводящим к меньшему окислению азота кислородом [2].

Содержание СН с увеличением установочного УОВТ в целом снижается как у дизеля, так и у газодизеля, но при этом газодизельный процесс сопровождается увеличением в ОГ суммарных углеводородов – их содержание в 8-10 раз выше по сравнению с дизельным процессом. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ в дизельном процессе содержание СН в ОГ составляет 0,01 %, а при работе на природном газе содержание СН в ОГ составляет уже 0,2 %, что выше в 20 раз. Это вызвано нарушением процесса сгорания при работе на КПП.

Содержание сажи в дизельном процессе с увеличением установочного УОВТ снижается с 3,5 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{\text{впр}} = 5^\circ$ до 1,5 ед. по той же шкале

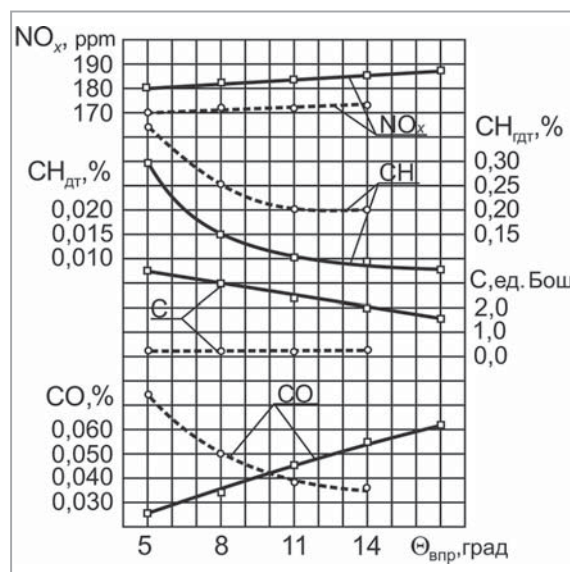


Рис. 1. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$:

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

при $\Theta_{\text{впр}} = 17^\circ$. При работе по газодизельному процессу содержание сажи практически не зависит от установочного УОВТ и составляет 0,1 ед. по шкале Bosch. При $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ при работе двигателя на природном газе содержание сажи в ОГ ниже в 25 раз по сравнению с дизелем на том же установочном УОВТ. Это объясняется высокой турбулизацией заряда, приводящей к интенсификации процессов выгорания сажевых частиц в цилиндре газодизеля [3].

Содержание CO при дизельном процессе с увеличением установочного УОВТ возрастает с 0,026 % при $\Theta_{\text{впр}} = 5^\circ$ до 0,062 % при $\Theta_{\text{впр}} = 17^\circ$. При работе двигателя на КПП содержание CO, наоборот, снижается. При $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ содержание CO составляет 0,04 %, что на 12,5 % ниже показателей для дизеля при том же установочном УОВТ.

На основании анализа полученных результатов можно сделать вывод, что с точки зрения снижения токсичности ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5

при работе по дизельному и газодизельному процессам оптимальным является установочный УОВТ в 11° ПКВ, так как на этом угле суммарная токсичность ОГ минимальная. Данный УОВТ установлен заводом-изготовителем, и дальнейшие исследования рабочего процесса проводились при этом значении УОВТ.

Скоростные характеристики изменения мощностных и экономических показателей дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе по дизельному и газодизельному процессам на оптимальном для газодизельного процесса установочном УОВТ 11° в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала с включенным регулятором представлены на рис. 2.

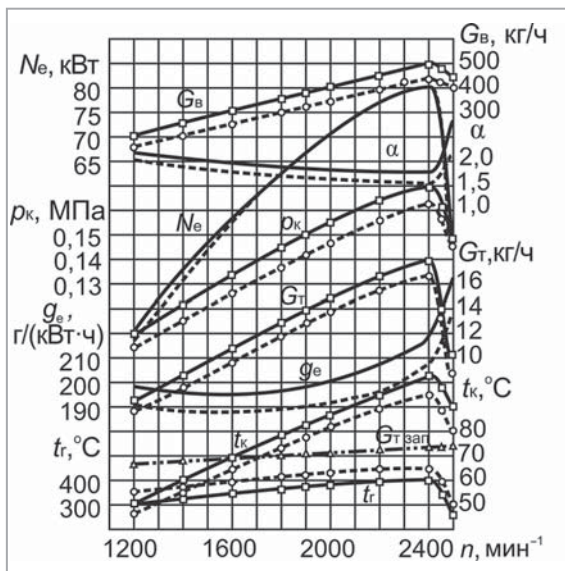


Рис. 2. Влияние применения природного газа на мощностные и экономические показатели работы дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала с включенным регулятором при $\Theta_{\text{впр}}=11^\circ$:
 □ — дизельный процесс;
 ○ — газодизельный процесс

Из кривых, представленных на рис. 2, видно, что при переходе дизеля на природный газ на оптимальном установочном УОВТ 11° при изменении частоты вращения коленчатого вала от 1200

до 2400 мин^{-1} суммарный массовый расход топлива возрастает с 6 до $16,5 \text{ кг/ч}$, то есть в 2,8 раза. Величина запального дизельного топлива возрастает с повышением частоты вращения коленчатого вала. Так, на номинальной частоте вращения ($n = 2400 \text{ мин}^{-1}$) она достигает $3,2 \text{ кг/ч}$, рост составляет 77,7 %. Это объясняется увеличением числа циклов в единицу времени, а также повышением стабильности работы топливоподающей аппаратуры и снижением гидравлических потерь с ростом частоты вращения [4]. Часовой расход $G_{\text{в}}$ возрастает со 180 до 450 кг/ч , или в 2,5 раза. При увеличении частоты вращения удельный эффективный расход топлива g_e растет со 190 до $209 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$, или на 10,5 %. Температура ОГ возрастает с 300 до 405°C , или на 35 %. Вместе с тем при работе на КПГ снижается коэффициент избытка воздуха во всем диапазоне нагрузок с 2,5 до 1,6, снижение составляет 36 %.

Анализируя изменения эффективных показателей работы дизеля по дизельному и газодизельному процессам в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала с включенным регулятором при $\Theta_{\text{впр}}=11^\circ$, можно отметить следующее. При равных значениях эффективной мощности и крутящего момента (поскольку цели форсирования дизеля не было) во всем диапазоне частот вращения суммарный удельный эффективный расход топлива на газодизельном процессе ниже (при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ на 4,3 %: $g_e = 209 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ против $g_e = 218 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$), чем при дизельном. С уменьшением частоты вращения коленчатого вала суммарный удельный эффективный расход топлива на газодизельном процессе также снижается (при $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$ на 5,2 %: $g_e = 190 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ против $g_e = 200 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$) в отличие от дизельного процесса. Это объясняется высокой удельной теплотой сгорания газа и снижением в связи с этим массового расхода топлива [5]. Снижается также

и суммарный часовой расход топлива для газодизеля, поскольку удельная теплота сгорания газа выше, чем у дизельного топлива, на 14 %. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ $G_T = 17,1 \text{ кг/ч}$ для дизельного процесса и $G_T = 16,1 \text{ кг/ч}$ для газодизеля, снижение составляет 6,2 %. При $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$ $G_T = 14 \text{ кг/ч}$ для дизельного процесса и $G_T = 13 \text{ кг/ч}$ для газодизеля, снижение составляет 7,6 %.

Температура ОГ при газодизельном процессе ниже, чем при дизельном, во всем диапазоне частот вращения. Часовой расход запального дизельного топлива изменялся от 1,7 до 2,9 кг/ч при изменении частоты вращения от 1200 до 2500 мин^{-1} . Таким образом, снижение расхода дизельного топлива за счет замещения его газом на всех скоростных режимах составило не менее 80 %.

Коэффициент избытка воздуха α при работе дизеля на КПГ во всех диапазонах частот вращения имеет меньшие значения по сравнению с дизельным процессом. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ он имеет значения 1,6 и 1,8 соответственно, снижение составляет 12,5%. Можно сделать вывод, что газодизель работает на смеси более обогащенного состава.

Расход воздуха двигателем также снижается при переходе с дизельного на газодизельный процесс, что говорит о замещении воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, природным газом. Расход воздуха при газодизельном процессе несколько ниже, чем при дизельном, на всех частотах вращения коленчатого вала. Так, при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ для газодизеля $G_B = 450 \text{ кг/ч}$, для дизеля $G_B = 490 \text{ кг/ч}$, что на 8,8 % выше.

Проведенное ранее индицирование процесса сгорания в газодизельном цикле [1] позволило установить, что сгорание газовой смеси при воспламенении ее запальным дизельным топливом происходит более активно, с большими скоростями и заканчивается быстрее. Это приводит, с одной стороны,

к увеличению максимального давления сгорания p_z , а также улучшению показателей процесса сгорания и тепловыделения, с другой, показывает, что при увеличении частоты вращения коленчатого вала $p_{z \text{ max}}$ снижается с 11,25 до 10,25 МПа при работе двигателя по дизельному циклу и с 12 до 11,25 МПа при работе двигателя на природном газе. Снижение достигает 9,8 и 6,6 % соответственно.

С другой стороны, возрастает индикаторный КПД, поскольку потери тепла в данном случае уменьшаются. Суммарный часовой расход топлива дизеля при работе по газодизельному процессу снижается. На этом же процессе коэффициент избытка воздуха несколько ниже, чем при дизельном процессе, во всем диапазоне изменения частот вращения коленчатого вала. Характер изменения крутящего момента M_k плавный, поскольку интервал частоты вращения, в котором работает двигатель по скоростной характеристике, достаточно велик. При работе на природном газе характер изменения крутящего момента в зависимости от частоты вращения сохраняется. При этом значение максимального крутящего момента составляет 1900 мин^{-1} [6].

Скоростные характеристики изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе по дизельному и газодизельному циклам на установочных углах опережения впрыскивания топлива 8, 11 и 14 градусов в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала представлены на рис. 3.

Анализируя изменения показателей токсичности ОГ в зависимости от частоты вращения на различных установочных УОВТ можно отметить следующее. При работе по газодизельному циклу содержание NO_x в ОГ ниже, чем при работе по дизельному, во всем диапазоне частот вращения. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ увеличение частоты вращения от 1200 до 1800 мин^{-1} приводит

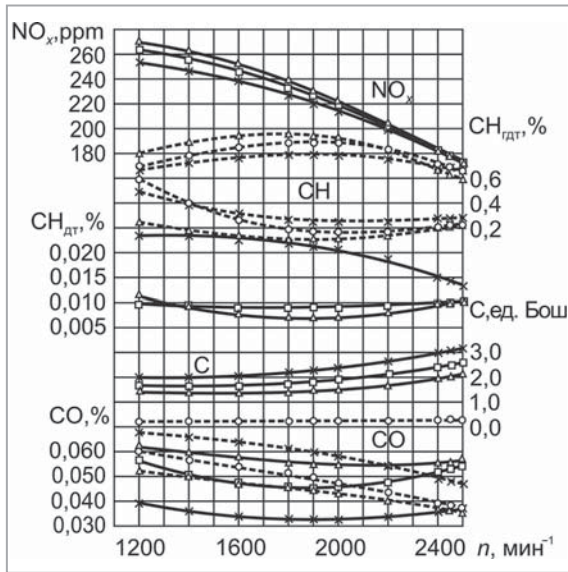


Рис. 3. Влияние применения природного газа на показатели токсичности ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала при различных $\Theta_{\text{впр}}$:

- × — × — дизельный процесс $\Theta_{\text{впр}} = 8^\circ$;
- — □ — дизельный процесс $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$;
- △ — △ — дизельный процесс $\Theta_{\text{впр}} = 14^\circ$;
- × - - - × — газодизельный процесс $\Theta_{\text{впр}} = 8^\circ$;
- - - - ○ — газодизельный процесс $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$;
- △ - - - △ — газодизельный процесс $\Theta_{\text{впр}} = 14^\circ$

к росту содержания NO_x в ОГ от 170 до 190 ppm, то есть на 11,8 %, а при повышении частоты вращения до 2500 мин⁻¹ содержание NO_x в ОГ снова снижается до 170 ppm, или на 10,5 %. Чем больше установочный УОВТ, то есть раньше подается топливо, тем меньше содержание сажи в ОГ дизеля [7]. При этом с увеличением частоты вращения содержание сажи в ОГ дизеля с турбонаддувом возрастает. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ при изменении частоты вращения от 1200 до 2500 мин⁻¹ содержание сажи в ОГ возрастает от 1,7 до 2,5 ед. по шкале Bosch, то есть в 1,5 раза.

При работе на газодизеле содержание сажи слабо зависит от частоты вращения и установочного УОВТ и составляет 0,1 ед. по шкале Bosch. Содержание CO в ОГ газодизеля имеет уже большую зависимость от установочного УОВТ.

При $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ изменение частоты вращения от 1200 до 1900 мин⁻¹ приводит к снижению содержания CO от 0,057 до 0,046 %, то есть в 1,2 раза, а затем возрастает до 0,055 % при $n = 2500$ мин⁻¹, или в 1,2 раза. Содержание CH в ОГ с увеличением частоты вращения снижается. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и повышении частоты вращения от 1200 до 2500 мин⁻¹ содержание CH в ОГ снижается с 0,6 до 0,2 %, или в 3 раза. Содержание оксида углерода CO в ОГ с увеличением частоты вращения снижается. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и возрастании частоты вращения от 1200 до 2500 мин⁻¹ содержание CO в ОГ снижается с 0,060 до 0,038 %, то есть в 1,6 раза.

При переходе с дизельного на газодизельный процесс при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и $n = 2400$ мин⁻¹, принятого нами за оптимальный, содержание NO_x в ОГ снижается со 183 до 172 ppm, или на 6 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$, $n = 1900$ мин⁻¹ и $p_e = 0,84$ МПа содержание оксидов азота NO_x при переходе с дизельного на газодизельный процесс снижается с 225 до 190 ppm, то есть на 15,6 %. Содержание сажи в ОГ снижается с 2,5 до 0,1 ед. по шкале Bosch, то есть в 25 раз. При $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$, $n = 1900$ мин⁻¹ и $p_e = 0,84$ МПа содержание сажи в ОГ снижается с 2 до 0,1 ед. по шкале Bosch, то есть на 95 %. Содержание CH в ОГ при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и $n = 2400$ мин⁻¹ возрастает 0,010 до 0,17 %, или в 17 раз. При уменьшении частоты вращения до 1900 мин⁻¹ содержание CH в ОГ возрастает от 0,01 до 0,20 %, то есть в 20 раз. Содержание CO при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и $n = 2400$ мин⁻¹ снижается с 0,046 до 0,039 %, то есть в 1,2 раза, с уменьшением частоты до 1900 мин⁻¹ содержание CO возрастает с 0,042 до 0,050 %, то есть на 19 %.

Нагрузочные характеристики изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 при работе по дизельному и газодизельному процессам

на оптимальном для газодизельного процесса установочном УОВТ 11° при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ на номинальной частоте вращения представлены на рис. 4.

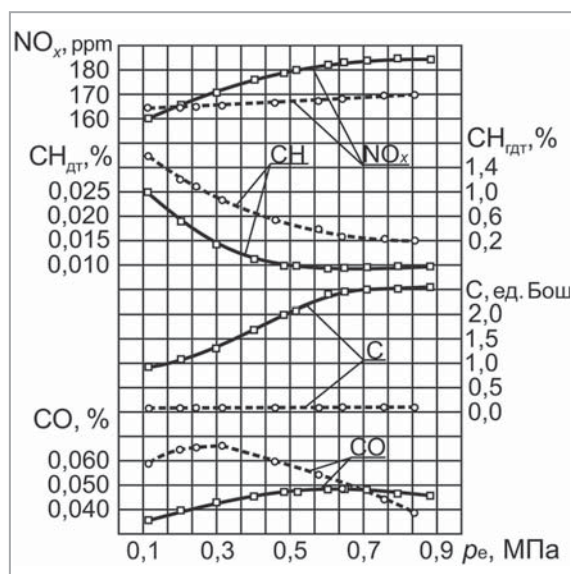


Рис. 4. Влияние применения природного газа на показатели токсичности ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{впр} = 11^\circ$:
 □ — дизельный процесс;
 ○ — газодизельный процесс

Из кривых, представленных на рис. 4, видно, что при работе на природном газе содержание NO_x в ОГ при работе двигателя по газодизельному циклу возрастает незначительно: от 165 ppm при $p_e = 0,12 \text{ МПа}$ до 170 ppm при $p_e = 0,85 \text{ МПа}$, рост составляет 3 %. Содержание CH с увеличением нагрузки снижается с 1,6 до 0,2 %, или в 8 раз. Содержание сажи по газодизельному процессу с увеличением нагрузки практически не изменяется и составляет 0,1 ед. по шкале Bosch во всем диапазоне нагрузок. Содержание CO уменьшается с 0,059 до 0,039 %, снижение составляет 34 %.

Анализируя изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при

установочном УОВТ 11° на номинальной частоте вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, можно отметить следующее. Содержание оксидов азота в отработавших газах при работе по газодизельному процессу ниже, чем по дизельному, во всем диапазоне изменения нагрузок [8]. Так, при $p_e = 0,84 \text{ МПа}$ содержание NO_x снижается на 6,4 % (со 183 до 172 ppm). Снижение достигается уменьшением длительности процесса сгорания при работе на природном газе. Существенно снижается содержание в отработавших газах сажи при работе по газодизельному процессу во всем диапазоне нагрузок. На дизельном процессе максимальное содержание сажевых частиц составляет 2,5 ед. по шкале Bosch, а на газодизеле на 96 % меньше. Это объясняется тем, что метан из всех топлив наименее склонен к образованию сажи.

Вместе с тем необходимо отметить, что при работе по газодизельному процессу возрастает содержание в отработавших газах CO на малых и средних нагрузках. Однако с увеличением нагрузки содержание CO в отработавших газах при газодизельном процессе снижается и при среднем эффективном давлении 0,7 МПа равняется содержанию CO в ОГ при дизельном процессе, а с дальнейшим увеличением нагрузки опускается ниже значений дизельного процесса, и при $p_e = 0,84 \text{ МПа}$ содержание CO при работе на КПГ равно 0,039 % против 0,045 %, разница составляет 15,4 %.

Анализируя содержание в отработавших газах суммарных углеводородов CH , следует отметить: оно существенно возрастает при уменьшении нагрузки и достигает максимума при ее сбросе до режима, близкого к холостому ходу. При этом содержание CH в ОГ дизеля составляет 0,01 % ($p_e = 0,84 \text{ МПа}$), а при работе на КПГ оно составляет уже 0,20 %, что в 20 раз больше. Это объясняется тем, что суммарные углеводороды и оксид углерода являются продуктами

неполного сгорания, и на увеличение их процентного содержания в ОГ оказывает влияние ухудшение процесса сгорания на малых нагрузках из-за переобеднения газозооной смеси вследствие использования качественного способа регулирования мощности и воспламенения запальным дизельным топливом. В результате на малых нагрузках распространение фронта пламени и весь процесс сгорания в целом протекают более вяло, способствуя неполному сгоранию топлива и, как следствие, ухудшению эффективного КПД [9].

На рис. 5 представлены объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота, а также показатели процесса сгорания дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива для номинальной частоты вращения 2400 мин^{-1} .

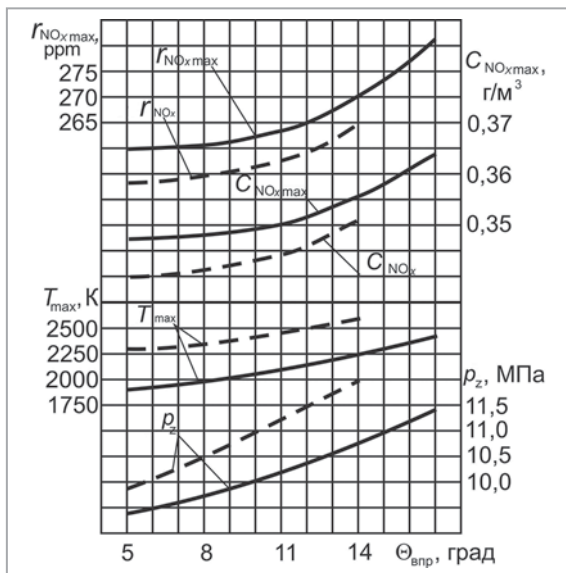


Рис. 5. Влияние применения природного газа на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота и показатели процесса сгорания дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$:
 ■ — дизельный процесс;
 ○ — газодизельный процесс

Из графиков видно, что с увеличением угла опережения впрыскивания топлива при работе по дизельному и газодизельному процессам возрастают объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота, а также максимальные давление газов и температура в цилиндре двигателя. При всех значениях установочных УОВТ при переходе на газодизельный процесс происходит снижение объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота, увеличение максимальных давления газов и температуры в цилиндре двигателя.

Таким образом, по показателям объемного содержания, массовой концентрации оксидов азота и процесса сгорания необходимо принять для газодизеля оптимальный установочный УОВТ — 11° до ВМТ.

Графики объемного содержания, массовой концентрации оксидов азота, осредненной температуры и давления газов в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала при работе по дизельному и газодизельному процессам для частоты вращения 2400 мин^{-1} и установочного угла опережения впрыскивания топлива 11° представлены на рис. 6.

Из графиков видно, что максимальные значения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в цилиндре следуют за максимальной температурой цикла, значительно превышают концентрацию оксидов азота в ОГ и увеличиваются с ростом максимальной температуры цикла [10]. Так, при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ при работе по газодизельному циклу максимальное объемное содержание оксидов азота в цилиндре составляет 272 ppm, что выше содержания оксидов азота в цилиндре при работе по дизельному процессу на 4 % и на 37 % выше содержания оксидов азота в ОГ газодизеля на этом же режиме. Максимальное значение объемного содержания оксидов азота при

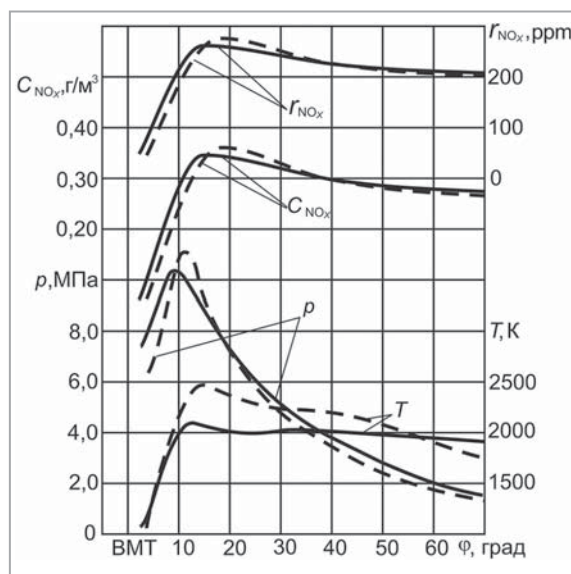


Рис. 6. Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала двигателя при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$:

— — — — — дизельный процесс;
 - - - - - газодизельный процесс

работе по дизельному циклу составляет 263 ppm. При этом же значении угла ПКВ объемное содержание оксидов азота при работе по газодизельному процессу составляет 257 ppm, что ниже на 3 % дизельного процесса.

Максимальное значение массового содержания оксидов азота при работе по дизельному процессу составляет $0,0350 \text{ г/м}^3$; при этом же значении угла ПКВ массовое содержание оксидов азота при работе по газодизельному процессу составляет $0,0344 \text{ г/м}^3$, что ниже на 2 % дизельного процесса. Увеличение процентного выгорания топлива в начальный период при работе по газодизельному циклу приводит к снижению доли потерь теплоты. Это вызывает увеличение коэффициента активного тепловыделения, что предопределяет более эффективное использование теплоты в цилиндре дизеля в начальный

период сгорания основной части топлива [11].

Графики объемного содержания, массовой концентрации оксидов азота, максимальной температуры и давления газов в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки для частоты вращения 2400 мин^{-1} и установочного угла опережения впрыскивания топлива 11° представлены на рис. 7.

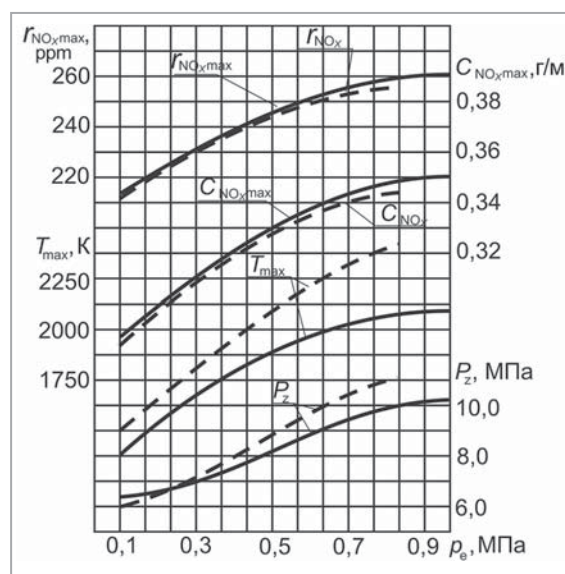


Рис. 7. Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ и $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$:

— — — — — дизельный процесс;
 - - - - - газодизельный процесс

Из графиков видно, что с увеличением нагрузки при работе по дизельному и газодизельному процессам возрастают объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота, максимальные давление газов и температура в цилиндре двигателя [12].

Во всем диапазоне изменения нагрузок при переходе на газодизельный цикл происходит снижение объемного содержания и массовой концентрации ок-

сидов азота, увеличение максимальных давления газов и температуры в цилиндре двигателя. Так, при работе по газодизельному процессу при $p_e = 0,84$ МПа значения объемного содержания и массовой концентрации составляют 257 ppm и $0,0345$ г/м³ соответственно, что ниже на 3 %, чем при дизельном процессе.

Таким образом, на основании проведенных лабораторно-стендовых исследований рабочего процесса дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.12С)

при работе на природном газе установлена возможность улучшения экологических показателей дизеля путем применения природного газа, в частности, снижения оксидов азота в ОГ, экономии дизельного топлива, повышения эффективных показателей. При этом уменьшение выбросов токсичных компонентов (на номинальном режиме) составляет:

- оксидов азота на 8 %;
- оксида углерода на 19 %;
- сажи в 20 раз.

Литература

1. Россохин А.В. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем снижения дымности отработавших газов / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2006.

2. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Исследование показателей процесса сгорания в тракторном дизеле при применении природного газа и рециркуляции, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 9. – С. 3-5.

3. Лопатин О.П. Влияние степени рециркуляции на характеристики процесса сгорания тракторного газодизеля // Молодой ученый. – 2015. – № 14. – С. 166-168.

4. Лопатин О.П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2015. – № 3 (16). – С. 28-30.

5. Лопатин О.П. Разработка программы по применению оборудования для испытания газодизелей // Молодой ученый. – 2015. – № 12 (92). – С. 229-232.

6. Лопатин О.П. Влияние степени рециркуляции отработавших газов на эффективные и экологические показатели дизеля // Приволжский научный вестник. – 2015. – № 5-1 (45). – С. 90-92.

7. Лопатин О.П. Исследование индикаторных показателей газодизеля при работе с рециркуляцией отработавших газов // Молодой ученый. – 2015. – № 10 (90). – С. 253-255.

8. Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции. Сб. науч. трудов по материалам Восемнадцатой международной научно-практической конференции «Инновационные направления развития АПК и повышение конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов – вклад молодых ученых» ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА». – Ярославль, 2015. – С. 30-34.

9. Лопатин О.П. Исследование скоростного режима газодизеля при работе с рециркуляцией // Молодой ученый. – 2015. – № 11. – С. 379-383.

10. Лопатин О.П. Результаты индицирования рабочего процесса газодизеля на режиме максимального крутящего момента // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2015. – № 5 (18). – С. 8-9.

11. Лопатин О.П. Влияние применения природного газа на показатели процесса сгорания и содержание оксидов азота в цилиндре дизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. – 2015. – № 13. – С. 139-141.

12. Лиханов В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2016. – № 4 (52). – С. 9.

Топливные элементы с твердым полимерным электролитом

С.И. Козлов, доктор технических наук,
В.Н. Фатеев, зам. директора Центра физико-химических технологий
НИЦ «Курчатовский институт», профессор, д.х.н.

В статье описаны топливные элементы с твердым полимерным электролитом, которые используются на транспорте, в системах резервного (аварийное) энергообеспечения, автономного теплоэлектроснабжения зданий, сооружений. В частности, приведено описание водородных топливных элементов с ТПЭ. Дается схема топливного элемента с ТПЭ. Также рассмотрены проблемы, которые возникают при использовании топливных элементов с твердым полимерным электролитом.

Ключевые слова:

топливные элементы, твердый полимерный электролит, катализатор.

Первые топливные элементы с твердым полимерным электролитом (ТЭТПЭ) (в англоязычной литературе принята аббревиатура PEM – Proton Exchange Membrane или Polymer Electrolyte Membrane) были созданы корпорацией General Electric в рамках американской космической программы Gemini в конце 60-х гг. прошлого века. В настоящее время топливные элементы этого типа являются наиболее перспективными для широкого круга задач. Например, большинство автомобилестроительных компаний мира (DaimlerChrysler, Ford, Mazda, Toyota, BMW, Renault, Peugeot и др.) либо готовят к серийному производству автомобили на водородных топливных элементах с ТПЭ (рис. 1), либо ведут интенсивные разработки в этой области.

Кроме транспорта, топливные элементы с ТПЭ начинают использовать для систем резервного (аварийное) энергообеспечения, автономного теплоэлектроснабжения зданий, сооружений (рис. 2) [1]. В Германии уже запущено 50 систем энергоснабжения домов Vaillant

на топливных элементах с ТПЭ [2]. Топливные элементы с ТПЭ уже сейчас находят свое применение также для различного рода специальных целей (космос, армия, подводный флот и т.п.).

Разработкой и производством ТЭТПЭ занимается большое число компаний, среди которых можно выделить американские компании Plug Power, UTC, канадскую компанию Ballard Power Systems Inc., немецкую компанию Siemens. В России исследованиями и разработкой ТЭТПЭ занимается ФГУ РИЦ «Курчатовский институт», РФЯЦ-ВННИИЭФ, ЦНИИ СЭТ, компания НИК НЭП, ФГУП «Красная Звезда», а также ряд других исследовательских организаций.

В качестве топлива в топливных элементах с ТПЭ используется либо водород (водородсодержащие смеси), либо метанол.

Поскольку ТЭТПЭ рассматриваются как наиболее перспективные ТЭ для широкомасштабного применения в различных областях и из-за отсутствия жидкого электролита имеют некоторые



Рис. 1. Водородный транспорт на топливных элементах: Opel HydroGen3; BMW i8; автобус Mercedes-Benz Citaro FuelCell

общие физико-химические особенности с другими перспективными ТЭ на основе твердого оксида, то такие ТЭ следует рассмотреть наиболее подробно (рис. 3 и 4).

Водородные топливные элементы с ТПЭ

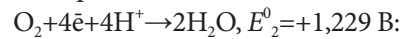
Схематически топливный элемент с ТПЭ можно записать следующим образом:



Анодная реакция $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$, $E_1^0 = 0 \text{ В}$. В электрохимии используется относительная шкала потенциалов, и потенциал стандартного водородного электрода принимается за ноль (при условии, что платина в растворе кислоты с активностью ионов водорода, равной единице, омывается током водорода при давлении 0,1 МПа):

$$E_1 = \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{\alpha_{\text{H}^+}^2}{p_{\text{H}_2}} \right).$$

Катодная реакция



$$E = E_2^0 + \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{p_{\text{O}_2} \alpha_{\text{H}^+}^4}{\alpha_{\text{H}_2\text{O}}^2} \right).$$

Активность воды в относительно разбавленных растворах, к которым можно отнести воду в мембране из ТПЭ, постоянна и часто принимается равной единице ($\alpha_{\text{H}_2\text{O}} = 0,95$ для 10%-го раствора H_2SO_4 при 75°C) [3].

Суммарная реакция: $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$.



Рис. 2. Системы энергоснабжения домов на топливных элементах с ТПЭ фирмы Ballard Power Systems Inc

При этом, кроме электроэнергии, выделяется некоторое количество теплоты.

Стандартное значение ЭДС такого топливного элемента при 25 °С:

$$E^0 = E_2^0 - E_1^0 = 1,229 \text{ В};$$

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln (p_{\text{O}_2} p_{\text{H}_2}^2).$$

При рабочих температурах (80...90 °С) ЭДС при стандартных условиях чуть меньше (1,18 В), а на практике максимальное напряжение составляет ~1,0...1,1 В при комнатной температуре, так как кислородный электрод (платина, на которой протекает восстановление кислорода), как и в случае щелочного топливного элемента, не является обратимым. Также, хотя и в меньшей степени, деполяризация

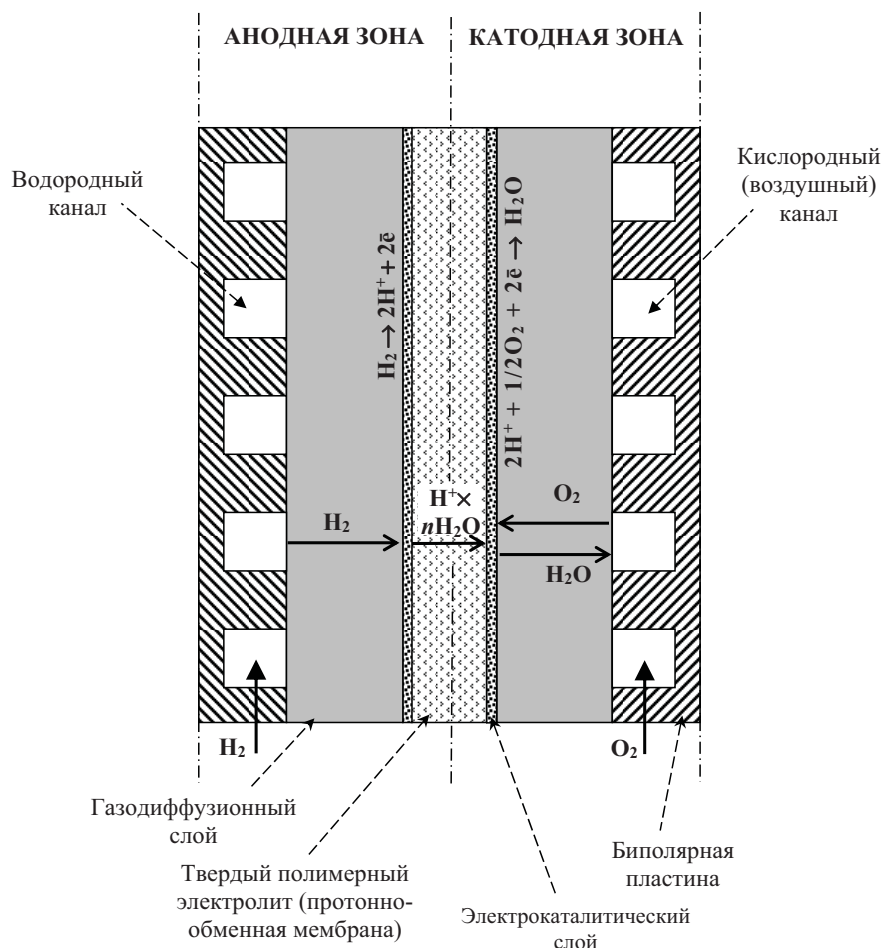
электродов происходит за счет взаимной диффузии газов через мембрану.

Одинаковые с водно-щелочным топливным элементом стандартные значения ЭДС обусловлены тем, что здесь и там протекает одна и та же суммарная реакция с одной и той же величиной ΔG^0 , а потенциалы катодного и анодного процессов имеют одну и ту же зависимость от рН.

Соотношение между стандартными значениями потенциалов электродов в кислой (E_k) и щелочной ($E_{щ}$) средах задается уравнением

$$E_k = E_{щ} - \frac{RT}{F} \ln K_w,$$

где $K_w = \alpha_{\text{H}^+} + \alpha_{\text{OH}^-}$ – ионное произведение воды.



Суммарная реакция: $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

Рис. 3. Принципиальная схема топливного элемента с ТПЭ

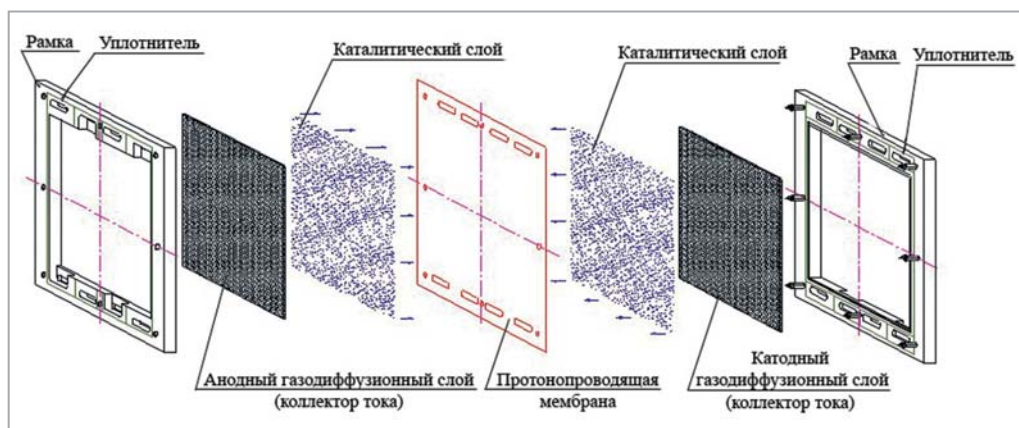


Рис. 4. Мембранно-электродный блок ТЭПЭ

В качестве электролита в ТЭПЭ используется ионообменная мембрана, на поверхность которой нанесен каталитический слой (обычно Pt на углеродном носителе). К поверхности каталитического слоя плотно прижаты пористые газодиффузионные слои (коллекторы тока) из углеродного материала, обычно образующие единое целое с мембраной (так называемый мембранно-электродный блок). Подвод реагентов и отвод продуктов реакции осуществляется по каналам биполярной пластины, изготавливаемой из углерода или металла (титан, нержавеющая сталь). Следует отметить, что отсутствие в системе жидкого электролита требует организации плотного контакта между электронными и ионными (мембрана) проводниками.

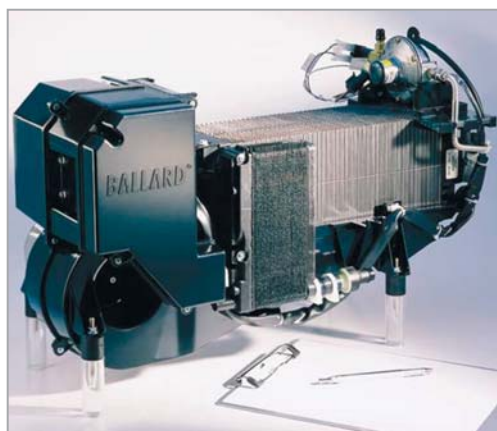


Рис. 5. Батарея NEXA® топливных элементов фирмы Ballard Power Systems Inc. с электрической мощностью 1,2 кВт

Для достижения требуемого напряжения единичные ячейки (топливные элементы) последовательно соединяются в фильтр-прессованную конструкцию – батарею топливных элементов (рис. 5 и 6) [2, 4]. Соседние в батарее элементы разделены биполярной пластиной, которая является частью катодной камеры одной ячейки и одновременно частью анодной камеры другой ячейки.

Мембраны для топливных элементов с ТПЭ

В основном в топливных элементах с ТПЭ используются перфторированные мембраны типа Nafion фирмы DuPont (США). Разработку, оптимизацию и производство протонообменных мембран на основе перфторированных полимеров с функциональными сульфогруппами, ориентированных, в первую очередь, для использования в топливных элементах с ТПЭ, ведут также другие крупнейшие компании США, Японии, Канады, такие как Ballard Advanced Materials (мембрана BAF3G) [5], Asahi Glass Co. (мембраны Flemion, Asiplex-S) [3, 6, 7], Fumatek [8], 3M [9] и ряд других [4, 5, 10, 11]. Разработка и опытное производство ТПЭ ведется с середины 70-х гг. 20 века и в России в ОАО «Пластполимер» (перфторсульфоновая протонообменная мембрана типа МФ-4СК) [12] (табл. 1).

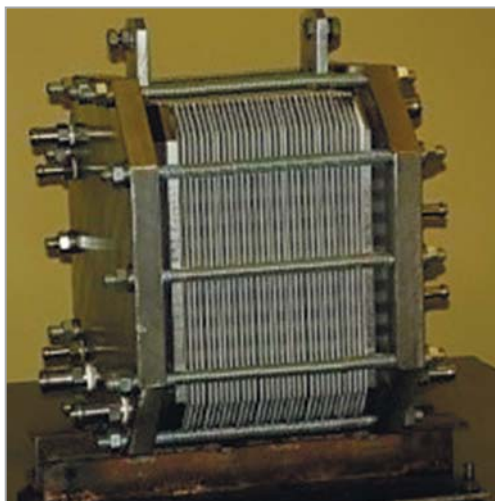


Рис. 6. Батарея топливных элементов (вверху) и энергоустановка электрической мощностью 10 кВт, разработанная РНЦ «Курчатовский институт» совместно с ЦНИИ СЭТ

В отличие от электролизера воды, при работе которого мембрана, как пра-

вило, залита водой, и ее влагосодержание является высоким, в составе топливного элемента могут быть сложности с поддержанием влагосодержания на требуемом уровне. Дело в том, что в сухом состоянии мембрана является изолятором. При ее контакте с водой она набухает (влагосодержание в мембране обычно достигает 30...50 %), и происходит диссоциация сульфогрупп с одновременной гидратацией протонов, в результате чего ионы водорода получают возможность перемещаться в объеме полимера от одного электрода к другому.

Гидратированная мембрана по кислотным свойствам эквивалентна 10%-й серной кислоте. Вместе с гидратированным протоном переносятся молекулы воды (2,5-4,0 гидратных молекулы воды в случае электролиза и не более 1-2 молекул в случае топливного элемента). Очевидно, что протонная проводимость мембраны должна возрастать с увеличением концентрации сульфогрупп (увеличение обменной емкости или уменьшение эквивалентной массы, обратно пропорциональной ей) и влагосодержания в мембране. Однако увеличение концентрации сульфогрупп сопровождается снижением химической стойкости мембраны и может приводить к растворению низкомолекулярной фракции полимера. В связи с этим мембраны с высокой обменной емкостью, например, мембраны Dow (см. табл. 1), не показали принципиальных преимуществ перед мембраной Nafion.

В дальнейшем обменная емкость мембраны Nafion была повышена (табл. 2),

Таблица 1

Сравнительные физико-химические характеристики мембран Dow, Aciplex-S и Nafion

Мембрана	Эквивалентная масса г/моль SO_3^-	Толщина сухой мембраны, мкм	Влагоемкость, %	Проводимость, $\Omega^{-1}\text{см}^{-1}$
Dow	800	125	54	0,114
Aciplex-S	1000	120	43	0,108
Nafion	1100	100	34	0,059

Таблица 2

**Характеристики перфторированных катионообменных мембран
типа Nafion и МФ-4СК**

Параметры	Nafion-115	МФ-4СК
Толщина, мкм	127	135
Обменная емкость, мг-экв/г	0,89...1,00	0,89...1,10
Удельное сопротивление при 20 °С, Ом·м	0,12	0,15...0,20
Стандартная адсорбция воды при 20 °С, масс. %	30	22
Газопроницаемость, м ³ ·м/м ² ·с·Па	5,3×10 ⁻¹⁶	2,0×10 ⁻¹³
Изменение размеров при гидратации (набухание), %	17	22
Максимальная температура термической стабильности, °С	150	
Механическая прочность, кг/см ²	5,3...7,0	4,7...6,5
Механическая прочность на разрыв при растяжении, кг/см ²	140...210	137...176

и она стала основным материалом для ТЭПЭ. Следует отметить, что характеристики отечественной мембраны МФ-4СК сопоставимы с Nafion, однако отсутствие на данном этапе производства полимера для мембраны не позволяет рассматривать ее как успешный коммерческий продукт [13, 14].

Следует отметить, что сопротивление (проводимость) для всех мембран приводится в так называемой Н-форме, когда ионы водорода являются единственными катионами. При замещении ионов водорода даже на ионы щелочных металлов сопротивление возрастает примерно на порядок при 25 °С, а при замещении на ионы кальция, железа и т.п. наблюдается еще более значительный его рост. В связи с этим предъявляются очень высокие требования к коррозионной стойкости конструкционных материалов в ТЭПЭ.

Особенностью ПЭ на основе перфторированных полимеров является то, что сопротивление мембраны существенно зависит от ее влагосодержания и температуры, причем температура значительно влияет на влагосодержание. Электрическая проводимость мембраны может быть рассчитана по уравнению [15]

$$\sigma(t, \lambda) = \exp \left[1268 \left(\frac{1}{303} - \frac{1}{273+t} \right) \right] (0,005139\lambda - 0,00326),$$

где t – температура мембраны, °С; λ – число молекул воды на группу SO_3^- (указанная формула справедлива при $\lambda > 1$). Наибольшее значение λ принимает при контакте мембраны с жидкой водой ($\lambda_{\text{max}} = 16,8$ при 80 °С). При отсутствии жидкой воды значения λ_{max} существенно уменьшается, особенно при повышенных температурах, и зависит от парциального давления паров воды.

Перфторированная основа мембраны обуславливает ее относительно высокие гидрофобные свойства, и при повышении температуры мембрана при контакте с газовой фазой достаточно быстро теряет воду, что ведет к росту ее сопротивления. Именно этот фактор предопределяет относительно низкие температуры эксплуатации ТЭПЭ (обычно до 80 °С) и существенные технические проблемы со стабилизацией водного баланса системы. Следует отметить, что поскольку ионы H^+ переносятся к кислородному электроду в гидратированном состоянии (1-2 молекулы воды на ион), то это ведет к осушке и росту сопротивления, в первую очередь, слоя мембраны, контактирующего с водородным электродом. В связи с этим ведется интенсивный, но пока малоуспешный, поиск перфторированных мембран с высокой химической стойкостью.

Для обеспечения стабилизации

влажносодержания (увлажнение) разрабатываются самоувлажняющиеся мембраны. Нужного эффекта добиваются введением в материал мембраны сорбентов воды, например, TiO_2 и SiO_2 [16], или катализаторов реакции образования воды из водорода и кислорода, диффундирующих через мембрану, например, наночастиц Pt [17]. Решению проблемы водного баланса в мембране также способствует уменьшение ее толщины. В этом случае диффузионный перенос образующейся на кислородном электроде воды к водородному электроду компенсирует ее потери. Однако снижение толщины мембраны до менее 30...50 мкм маловероятно из-за увеличения скорости диффузионного переноса водорода через мембрану (уменьшение коэффициента использования топлива) и недостаточной механической прочности ее (возможность разрывов и проколов при сборке ТЭПЭ и его эксплуатации).

Относительно низкие рабочие температуры ТЭПЭ создают определенные проблемы с организацией теплоотвода,

например, при установке ТЭПЭ на автомобиле. Кроме того, температурные ограничения обуславливают еще одну проблему – отравление платинового катализатора монооксидом углерода (CO) [18], присутствующим в топливе, полученном конверсией органического топлива. Оксид углерода прочно адсорбируется на поверхности платины, препятствуя адсорбции и окислению водорода, что снижает ток ТЭПЭ (рис. 7) [19]. Повышение рабочей температуры мембраны до 180...200 °С позволяет практически полностью исключить эту проблему и использовать топливную смесь сразу после реактора сдвига с концентрацией CO около 1 % без дополнительной очистки.

Для исключения проблемы увлажнения и повышения рабочей температуры были предложены мембраны на основе аморфного термопластичного полимера – полибензимидазола. Например, фирма Celtec Membrane Celanese разработала мембраны на основе полибензимидазола с сорбированной в матрице

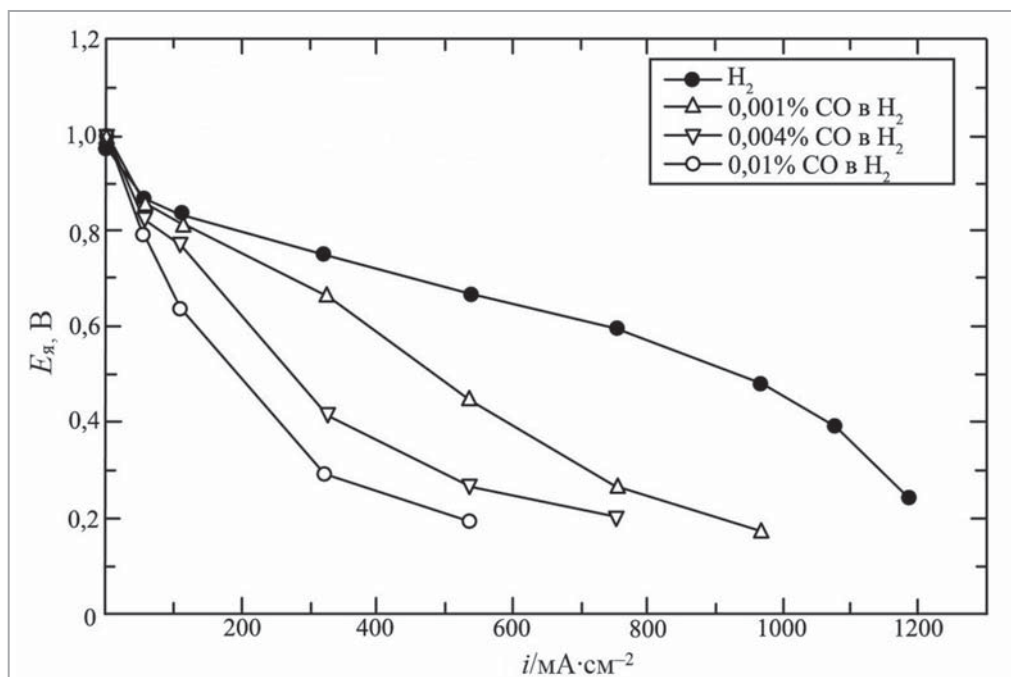


Рис. 7. Влияние примесей CO на плотность тока ТЭПЭ при $T_{я}=80^{\circ}\text{C}$, соотношении и давлении H_2 /воздух соответственно 2/1,5 и 210/210 кПа с использованием MS-увлажнителя, мембраны Nafion, стандартного катода

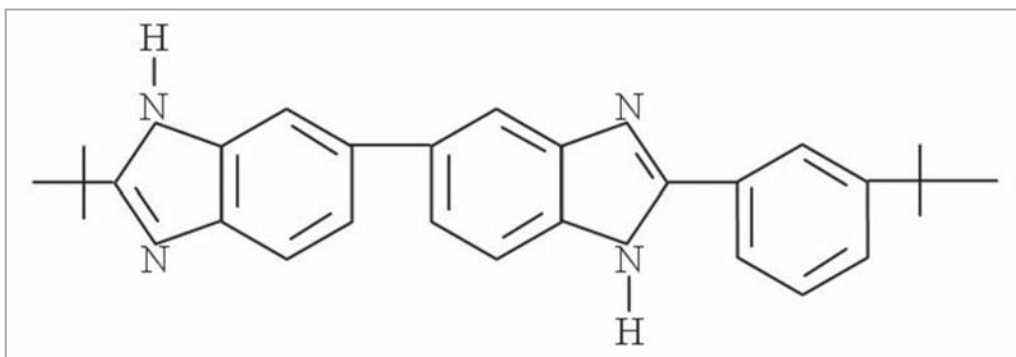


Рис. 8. Химическая формула полимерных протонпроводящих мембран на основе полибензимидазола

мембраны фосфорной кислотой (рис. 8), обеспечивающей протонную проводимость. Компания PEMEAS производит и продает мембранно-электродные блоки на основе таких мембран.

Предел термической стабильности полибензимидазольных мембран составляет около 200 °С. Полимер сохраняет необходимую ионную проводимость при низком парциальном давлении паров воды, но при контакте с жидкой водой фосфорная кислота может постепенно вымываться из мембраны, что ведет к росту сопротивления. Химическая стойкость мембраны достаточно высока по сравнению с другими известными неперфторированными мембранами, что во многом обусловлено высокой температурой эксплуатации, способствующей удалению перекиси водорода.

Однако использование таких высокотемпературных полимерных мембран повышает требования к конструкционным материалам топливного элемента, в первую очередь, к их коррозионной стойкости. Дополнительно возникают сложности с «холодным» стартом и остановом, так как требуется исключить контакт мембраны с жидкофазной водой.

Катализаторы

Каталитический слой является вторым важнейшим компонентом ТЭТПЭ. Он обеспечивает высокоразвитую

границу между катализатором и полимерным электролитом, так как отсутствует жидкий электролит, и представляет собой сложную многокомпонентную структуру (рис. 9), состоящую из частиц катализатора на носителе (электронные проводники), ионообменного полимера (протонный проводник) и системы газовых и жидкостных пор, ответственных за подвод/отвод реагентов и воды. В слое необходимо образование трех оптимальных систем частиц (или объемов), замкнутых между собой: системы частиц катализатора (в том числе на носителе); системы частиц электролита и системы пор, причем поверхность катализатора не эквипотенциальна, и в каталитическом слое имеет место некоторое падение потенциала.

Близкие проблемы существуют и в твердооксидных топливных элементах.

Каталитические слои для топливных элементов с ТПЭ могут формироваться на поверхности мембраны методом распыления, прессования или нанесения каталитической композиции в виде чернил. Каталитическая композиция формируется из катализатора и ионообменного полимера (как правило 25...50 % от массы катализатора) [20]. В качестве растворителя используется вода, изопропиловый спирт и ряд других растворителей.

В качестве электрокатализаторов для топливных элементов с ТПЭ используется либо платина, либо ее сплавы с

другими благородными металлами. Это обусловлено тем, что мембрана имеет ярко выраженные кислотные свойства, и такие металлы, как Ni, Co, Cr и т.п., оказываются химически нестойкими, особенно на кислородном электроде. Разрабатываемые комплексные соединения типа порфиринов и фталоцианинов [21], ферменты [22] и химически стойкие соединения металлов, например, WC, пока не достигли необходимой каталитической активности и стабильности.

В первых ТЭПЭ этого типа расход драгметаллов был достаточно высоким. Так, в топливных элементах, разработанных в рамках американской космической программы NASA «Gemini» в конце 60-х гг. прошлого века, расход платины составлял около 4 мг/см^2 [23]. Впоследствии удельный расход платины был существенно снижен – $0,3...0,5 \text{ мг/см}^2$ на катоде и $0,2...0,5 \text{ мг/см}^2$ на аноде [24]. Это достигалось за счет оптимизации структуры и состава каталитических слоев и мембранно-электродного блока (МЭБ) в целом.

Для снижения расхода платины обычно используется катализатор на углеродном носителе, например, Vulcan XC-72, Vulcan XC-605, Black Pearls 280, ацетиленовая сажа АД-100, углеродные нанотрубки (УНТ) и нановолокна (НВ), природные и синтетические графиты. В настоящее время в коммерчески доступных МЭБ топливных элементов расход платины составляет около $0,3...0,5 \text{ мг/см}^2$ на катоде и $0,2...0,5 \text{ мг/см}^2$ на аноде. При достигнутых на сегодняшний день характеристиках топливных элементов с ТПЭ расход платины в пересчете на единицу мощности батареи составляет порядка 1 г/кВт , при этом стоимость катализатора достигает 30 % стоимости компонентов ячейки батареи.

Существуют определенные предпосылки для создания тонкопленочного МЭБ, в котором расход платины составит $0,05 \text{ мг/см}^2$ на водородном электроде и $0,1 \text{ мг/см}^2$ на кислородном. Например,

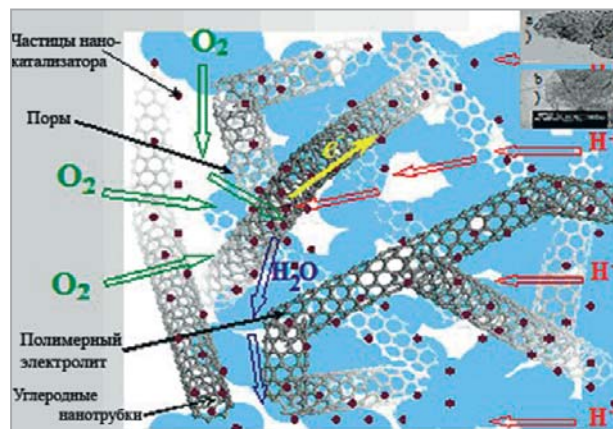


Рис. 9. Структурная схема электрокаталитического слоя топливного элемента с ТПЭ и электронные фотографии платины на нанотрубках

в работе [25] сообщается о разработке систем Pt–MeO_x для использования в качестве катализатора катодной реакции, при этом ожидаемый расход платины составит $0,02 \text{ мг/см}^2$. Однако дальнейшее снижение расхода Pt за счет уменьшения размера частиц катализатора или оптимизации структуры каталитического слоя маловероятно из-за физико-химических ограничений – удельная активность и химическая стабильность частиц платины размером менее 1 нм недостаточны для обеспечения требуемых рабочих плотностей тока и ресурса. Наибольшую активность имеют частицы Pt размером 2-6 нм [26].

В качестве катодного (кислородный) катализатора может использоваться Pt/C, а в качестве катализаторов анодной реакции – Pt/C, Pt–Ir/C, Pt–Ru/C, Pt–Pd/C, Pt–Rh/C, Pt–Ru–Ir/C, Pt–Ru–Pd/C, Pt–Pd–Sn/C, Pt–Ni/C и т.п. Катализаторы на основе Ru, Sn хотя и имеют часто более низкую активность, чем Pt, позволяют тем не менее предотвратить отравление катализатора оксидом углерода, присутствующим в продуктах конверсии органических соединений. Так, в случае чистой Pt максимально допустимая концентрация CO не более 10 ppm (0,001 % об.), а для Pt–Ru максимально допустимая концентрация CO

составляет 100 ppm (0,05 % об.). Это обусловлено окислением адсорбированного на платине CO поверхностными оксидами Ru и некоторых других металлов.

Следует отметить, что хотя углеродный носитель и обеспечивает снижение расхода катализатора (Pt), его использование может приводить к снижению ресурса ТЭПЭ, так как он относительно легко окисляется радикалами кислорода и перекисью водорода, образующимися на кислородном электроде. Это сопровождается потерей связности частиц катализатора (потеря электрического контакта частиц друг с другом и с газодиффузионным слоем), и в результате происходит уменьшение его эффективной поверхности, участвующей в процессе. В связи с этим повышение химической стабильности носителей является весьма актуальной задачей.

Для синтеза платинового катализатора используются методы восстановления соединений платины в водной фазе формальдегидом, борогидридом натрия, этиленгликолем и т.п. Используемые методы позволяют синтезировать наночастицы катализатора с удельной поверхностью на уровне $100 \text{ м}^2/\text{г}$.

Для предотвращения затопления каталитического слоя (в первую очередь кислородного) и удаления образующейся воды в состав каталитического слоя вводят или наносят на поверхность катализатора гидрофобизатор – фторопласт – в количестве до 10 % масс.

Коллекторы тока и биполярные пластины

Газодиффузионный слой обеспечивает подвод/отвод реагентов и воды, а также электрический контакт с каталитическим слоем. Традиционными материалами для коллекторов тока являются гидрофобизированная углеродная бумага и углеграфитовая ткань с общей пористостью 50...70 %. Наиболее известными производителями являются фирма

Е-ТЕК (США), выпускающая коллекторы тока толщиной 0,09...0,35 мм под торговой маркой Toray Carbon Paper, а также SGL Carbon Group (Германия) и др.

Биполярная пластина разделяет соседние ячейки в батарее ТЭ и является проводником электрического тока между ними, а также служит для распределения потока реагентов вдоль поверхности газодиффузионного слоя и отвода продуктов реакции. Материал биполярной пластины должен удовлетворять ряду требований, таких как высокая коррозионная стойкость и прочность, низкая газопроницаемость, высокая электропроводность, минимальный вес и толщина, низкая стоимость. В качестве материала биполярной пластины используют углеграфитовые материалы, нержавеющую сталь и, реже, титан. Например, компания Microcomponents Limited (Великобритания) специализируется на разработке и изготовлении биполярных пластин из тонких металлических листов, суммарная толщина такого изделия составляет 0,5...3,0 мм. Фирма Hitachi (Япония) использует для своих топливных элементов биполярные пластины, штампованные также из металлических листов. Однако в настоящее время биполярные пластины изготавливают в основном из материалов на основе композиций графита и полимеров, что позволяет значительно снизить стоимость и вес изделия. Однако механическая прочность и электропроводность этих пластин оставляют желать лучшего. Основными производителями биполярных пластин из графита являются компании SGL Carbon Group, Schunk Group, Bulk Molding Compounds и Morgan Specialty Graphite.

Помимо свойств материала биполярной пластины, существенную роль играет конструкция каналов и выступающих токоведущих элементов, определяющих равномерность подачи реагентов и минимизацию омических потерь. Математическое моделирование и экспериментальные данные показывают

существование оптимальных значений формы и ширины каналов и выступающих токоведущих элементов биполярной пластины, которые в значительной степени определяются параметрами коллектора тока с газодиффузионным подслоем [27].

Следует подчеркнуть, что именно компоненты мембранно-электродных блоков ТЭПЭ во многом определяют стоимость батарей и их ресурс. Основными причинами деградации характеристик батареи ТЭ являются окисление углеродного носителя катализатора и окислительная деструкция мембраны из

ТПЭ, о которых шла речь выше [13]. Предлагаемые на рынке ТЭПЭ (например, компании Ballard [2]) имеют гарантированный ресурс всего 1500 ч, но это не связано с ресурсом компонентов мембранно-электродного блока. По данным работ [28, 29], ресурс компонентов батареи и установки в целом уже сейчас составляет более 10 000 ч и предполагается достигнуть ресурса 40 000 ч. Основной задачей на долгосрочную перспективу следует считать снижение расхода благородных металлов и решение проблемы водного баланса МЭБ.

Литература

1. <http://www.ballard.com>
2. <http://articles.excelion.ru>
3. А.М. Сухотин. Справочник по электрохимии. – Л.: Химия, 1981. – 486 с.
4. www.plugpower.com
5. Asahi Glass demos high-temperature, fluorine-based membrane // Fuel Cells Bulletin. – 2004. – November. – P. 2.
6. Smitha B., Sridhar S., Khan A.A. Synthesis and characterization of proton conducting polymer membranes for fuel cells // Journal of Membrane Science. – 2003. – No 225. – P. 63-76.
7. Chen S.-L., Krishnan L., Srinivasana S., Benziger J., Bocarsly A.B. Ion exchange resin/polystyrene sulfonate composite membranes for PEM fuel cells // Journal of Membrane Science. – 2004. – No 243. – P. 327-333.
8. Ralph T.R. Proton exchange membrane fuel cells. Progress in cost reduction of the key components // Platinum Metals Review. – 1997. – Vol. 41. – No. 3. – P. 102-113.
9. Ishisaki T., Umemura K., Yanagisawa E., Kunisa Y., Terada I., Yoshitake M. Flemion® membranes for PEMFCs: Abstracts of the «2000 Fuel Cell Seminar». – Portland, 2000. – P. 23-26
10. Wakizoe M., Velev O.A., Srinivasan S. Analysis of proton exchange membrane fuel cell performance with alternate membranes // Electrochim. Acta. – 1995. – Vol. 40. – No. 3. – P. 335-344.
11. Hamrock S. The Development of New PEM Fuel Cell Membranes at 3M, Golden Gate Polymer Forum, 25th Anniversary Symposium, Oct. 23, 2005, San Francisco, CA.
12. www.plastpolymer.com
13. Фторопласты. Каталог. Под ред. С.А. Быхова. – М.: НИИТЭХИМ, 1983.
14. Тарасевич М.Р., Орлов С.Б., Школьников Е.И. и др. Электрохимия полимеров. – М.: Наука, 1990. – 238 с. – ISBN 5-02-001452-4.
15. Springer T.E., Zavodzinski T.A., Gottesfeld S. Polymer electrolyte fuel cell model // J. Electrochem. Soc. – 1991. – Vol. 138. – No. 8. – P. 2334-2342.
16. Watanabe M., Uchida H., Emori M. // J. Electrochem. Soc. – 1998. – No. 145. – P. 1137.
17. Watanabe M., Satoh Y., Shimura C. // J. Electrochem. Soc. – 1998. – No. 145. – P. 1137.
18. PCT / EP 95 / 03907, WO 96 1 3073 A 1, Germany

19. Фатеев В.Н., Лютикова Е.К., Амаделли Р. Окисление СО на платине, включенной в композиционные электроды на основе твердого полимерного электролита // *Электрохимия*. – 1999. – Т. 35. – № 12. – С. 196.
20. Passalacqua E., Lufrano F., Squadrito G., Patti A., Giorgi L. Nafion content in the catalyst layer of polymer electrolyte fuel cells: effects on structure and performance // *Electrochimica Acta*. – 2001. – No. 46. – P. 799-805.
21. Тарасевич М.Р., Богдановская В.А. Селективные наноразмерные неплатиновые электрокатализаторы восстановления кислорода / *Современные проблемы физической химии: науч. изд. / Ин-т физ. химии РАН*. – М.: ИД «Граница», 2005. – С. 378-389.
22. Karyakin A.A., Morozov S.V., Voronin O.G., Zorin N.A., Karyakina E.E., Fateyev V.N. S. Cosnier “The Limiting Performance Characteristics in Bioelectrocatalysis of Hydrogenase Enzymes” *Angew Chem Int. Ed.* – 2007. – No. 46. – P. 7244-7246.
23. Cohen R. Gemini fuel cell system: Proc. of the 23th Power Sources Conference. – Red Bank, 1969. – P. 21-24.
24. Gamburzev S., Appleby A.J. // *Journal of Power Sources*. – 2002. – No. 107. – P. 5-12.
25. Watanabe M., Uchida H., Emori M. Polymer electrolyte membranes incorporated with nanometer-size particles of Pt and/or metal-oxides: Experimental analysis of the self-humidification and suppression of gas-crossover in fuel cells // *J. Phys. Chem.* – 1998. – No. 102. – P. 3129-3137.
26. Loffler M.S., Natter H., Hempelmann R., Wippermann K. Preparation and characterization of Pt-Ru model electrodes for the direct methanol fuel cell // *Electrochimica Acta*. – 2003. – No. 48. – P. 3047-3051.
27. Grigoriev S.A., Kalinnikov A.A., Fateev V.N., Wragg A.A. Numerical optimization of bipolar plates and gas diffusion layers for PEM fuel cells // *Journal of Applied Electrochemistry*. – 2006. – Vol. 36. – No 9. – P. 991-998.
28. Escobedo G. V.B.3 Enabling Commercial PEM Fuel Cells with Breakthrough Lifetime Improvements / FY 2006 Annual Progress Report.
29. Месяц Г.А., Прохоров М.Д. Водородная энергетика и топливные элементы // *Вестник Российской академии наук*. – 2004. – Т. 74. – № 7. – С. 579-597.

Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

В связи с тем, что Международный научно-технический журнал Национальной газомоторной ассоциации «Транспорт на альтернативном топливе» включен в обновленный Перечень ВАКа, просьба ко всем авторам строго выполнять следующие требования при подготовке статей к публикации:

1. Все научно-технические статьи должны иметь **на русском и английском языках** следующие составляющие: **заголовок, ФИО авторов полностью, их должности, ученая степень (при наличии), контакты (e-mail, телефоны), аннотации, ключевые слова.**
2. Все английские тексты следует набирать только строчными буквами, сохраняя начальные прописные буквы в именах собственных.
3. Авторы остальных публикаций (информационных, рекламных и т.д.) представляют на русском и английском языках: **заголовок, ФИО авторов полностью, их должности, адрес и контакты (e-mail, телефоны).**

Редакция журнала также доводит до сведения авторов требования, которые необходимо соблюдать при подготовке статей для публикации.

Материалы статей должны быть представлены по электронной почте в программе WinWord. Объем статьи – не более 15 000 знаков с пробелами.

Представленный текстовый материал с иллюстрациями и таблицами должен иметь сквозную нумерацию. Графический материал должен быть выполнен в формате, обеспечивающем ясность всех деталей рисунков. Формулы и символы должны быть четкими и понятными. Все обозначения в формулах необходимо расшифровать. Нумеруются только те формулы, на которые сделаны ссылки в тексте. Обозначения физических величин и единиц измерений необходимо давать

в Международной системе единиц (СИ). Обязательно соблюдение действующих ГОСТов. Текст и таблицы должны быть выполнены в программе Word в формате doc, rtf. Фотографии и графические рисунки (не менее 300 dpi, CMYK) – в формате jpg, jpeg, tiff, pdf. Не следует форматировать текст самостоятельно.

При пересылке материалов по e-mail следует сопроводить их пояснительной запиской (от кого, перечень файлов и т.д.). Объемные файлы должны быть заархивированы. При подготовке статей к печати необходимо руководствоваться документами, определяющими правила передачи информации через СМИ. Авторский коллектив должен указать ответственное лицо, с которым редакция будет вести переговоры в процессе подготовки статьи к изданию. В список литературы включаются источники, на которые есть ссылки в статье. Ссылаться можно только на опубликованные работы. Список литературы составляется в порядке употребления. В нем приводятся следующие сведения: фамилия и инициалы авторов, название работы; для журнала – название, год издания, номер, страницы, на которых размещена статья; для книг – место и год издания, издательство, общее число страниц. Редакция оставляет за собой право редакторской правки и не несет ответственности за достоверность публикации. Все внесенные изменения и дополнения в представленную к изданию статью согласовываются с автором или представителем авторского коллектива.

Редакция оставляет за собой право размещать опубликованные статьи на сайтах журнала и Национальной газомоторной ассоциации. Редакция не передает и не продает материалы для публикации в других печатных и электронных изданиях без согласования с автором (представителем авторского коллектива).

Проблемы биржевых торгов природным газом

56

Биржевые торги природным газом в РФ запущены полтора года назад, однако до сих пор носят добровольно-принудительный характер. По сути они стали волевым решением правительства и заинтересованных ведомств, компании же идеей торговать не прониклись и реализуют ее скорее во избежание наказания. Производители находят поводы затормозить развитие биржевой торговли, покупатели приходят на торги исключительно за низкой ценой. Но все понимают – процесс запущен и уже необратим: ФАС и ЦБ уверенно идут по намеченному пути, используя довольно жесткие меры для направления недовольных на путь истинный.

Компания CREON Energy 27 мая провела в Санкт-Петербурге Международную конференцию «Российский рынок газа. Биржевая торговля». Генеральным партнером мероприятия выступила Санкт-Петербургская Международная Товарно-сырьевая Биржа (СПбМТСБ). Конференция прошла при поддержке компании «Солид – товарные рынки» и Российского газового общества.

«Сейчас в отрасли параллельно идут две дискуссии – о реформатировании рынка газа в России и о биржевой торговле газом. Что первично, а что вторично – сложно сказать, эти темы тесно связаны, – отметил в приветственном слове генеральный директор CREON Energy **Санджар Тургунов**. – Биржевая торговля – явление для газового рынка относительно новое. Все понимают, что торговать на бирже нужно. И основной вопрос сейчас – как? По чьим правилам, на каких площадках и какими объемами?» По словам С. Тургунова, путь на биржу был нелегким и для других товаров – нефтепродуктов и сжиженных углеводородных газов

(СУГ). «Были и споры в кулуарах, и противостояние в СМИ. То же самое будет и с газом. Процесс этот долгий и трудный, но тропинка протоптана, и результат однозначно того стоит».

Как отметил С. Тургунов, цель конференции – вынести на публичное обсуждение то, что говорилось на эту тему в кулуарах. Тем более что налицо некая двойственность – например, при заявленном свободном рынке его объем все же ограничен.

Газ на бирже: взгляд изнутри

По итогам 2015 г. на биржевых торгах было реализовано 7,6 млрд м³ газа. Из этого объема 59 % пришлось на Газпром и 41 % – на независимых производителей. Как рассказал начальник управления Газпрома **Андрей Чебаненко**, в нынешнем году тенденция пока сохраняется – 52 % у Газпрома против 48 % у независимых. С начала 2016 г. на СПбМТСБ, которая пока является единственной биржей, где продается природный газ, уже реализовано 4,3 млрд м³. Есть все основания полагать, что годовой объем реализации вырастет по сравнению с прошлогодним показателем.

Являясь на данный момент крупнейшим производителем и продавцом на организованных торгах, Газпром в то же время выступает и в качестве покупателя (в лице своих региональных компаний). Как отметил А. Чебаненко, доля РГК стабильно растет: если к апрелю 2015 г. они купили 9 % от всего реализованного на торгах газа, то к апрелю нынешнего года – уже 47 %. «Это, конечно, не означает, что СПбМТСБ является площадкой для реализации газа Газпрома компаниям этой же Группы. Скорее показывает,

что независимые покупатели и продавцы недостаточно участвуют. Хотя в последнее время активность независимых продавцов повысилась», – отметил докладчик.

Сдерживающим фактором для увеличения продаж газа компания считает законодательные ограничения, установленные постановлением Правительства № 323, прежде всего – паритет продаж, согласно которому Газпром не может реализовать газа больше, чем независимые производители. И хотя разъяснения ФАС говорят, что превышение объемов реализации нарушением антимонопольного законодательства не является, позиция Газпрома неизменна – было бы правильно данное ограничение снять вообще. Тем более, что тем же постановлением устанавливается максимальный объем реализации Газпромом в 17,5 млрд м³.

По словам А. Чебаненко, сервис, который сейчас предлагает СПБМТСБ, не в полной мере соответствует биржевому. Например, отсутствие центрального контрагента не позволяет организовывать перепродажи газа и наладить торговлю в целом.

Еще одной важной и даже больной для Газпрома темой является так называемый порядок активирования. Компания считает важным решить этот вопрос в ближайшее время, желательно – в текущем году. Сейчас он законодательно не формализован. Проще говоря, при выборке части законтрактованных объемов газа потребитель может сам решать, какой из договоров он исполнил в полном объеме, а какой – частично. Нет универсального подхода, который позволил бы поставщикам оценивать свои результаты поставок до подписания актов и стимулировал бы потребителей соблюдать договоренности по выборке. В перспективе, говорит А. Чебаненко, нужно стремиться к созданию единого документа, который регулировал бы взаимоотношения всех участников на рынке газа.

Заместитель начальника департамента Газпрома **Геннадий Сухов** высказался еще более жестко: «Чтобы развивать биржевую торговлю дальше, необходимо совершенствовать законодательство. Все соглашаются, мы пишем планы, но за два последних года так ничего и не сделано. На Газпром наложены определенные ограничения. По сути они загоняют нас в рамки, которые не позволяют конкурировать с независимыми компаниями. Необходимо выработать единые правила игры, которых сегодня нет». По словам представителя монополии, буквально в апреле произошел прецедент, который ярко демонстрирует недочеты законодательства: «Один из участников торгов повел себя некорректно. Он все делал в рамках действующих правил и в рамках договора, но это не соответствует внутреннему регламенту закрытия баланса Газпрома. Разница в объемах была невелика, мы по-хорошему попросили участника внести изменения. Но он не пошел нам навстречу. Мы вынуждены были принять его объемы, изменить товарный баланс и отчетные показатели по нескольким газотранспортным обществам. Вот для этого и нужны единые правила игры. А пока их нет, мы намерены минимизировать риски и ограничить реализацию газа на СПБМТСБ, рассматривая вариант реализации газа на других биржевых площадках».

В ходе дискуссии нашелся и тот самый «нарушитель», упомянутый представителем Газпрома. Им оказалась компания «Алгоритм Топливный интегратор». Как рассказал генеральный директор **Алексей Бураков**, «мы действительно получили безапелляционное письмо от Газпрома с требованием исправить акты, которые мы выставили клиентам. Мы не стали этого делать, так как все соответствовало правилам, но Газпром решил изменить порядок закрытия актов относительно той практики, которая сложилась за последний год. Не будет рынка в ситуации законодательно

определенного неравноправия участников. Согласен, что надо договориться о неких правилах игры – особенно в тех зонах, которые законодательно не прописаны. Сейчас не определены порядок взаимодействия с транспортной системой, биржевых и внебиржевых договоров, ответственность покупателя, брокера и поставщика».

Независимый производитель газа НОВАТЭК, как один из активных участников на российской газовой бирже, выступает за дальнейшее совершенствование существующих правил торгов. Директор департамента маркетинга и реализации газа **Алексей Мельников** говорит, что для развития биржевого инструмента необходимы следующие меры:

- изменить систему допуска покупателей на биржу, повысить ее прозрачность, обеспечив прямое взаимодействие поставщика и потребителя с организатором торгов;

- сформировать нормативно-правовую базу, необходимую для дальнейшего перехода к развитию рынка мощностей, гарантирующего оперативную поставку и хранение газа по экономически обоснованным тарифам, единым для всех участников;

- обеспечить соблюдение установленного правительством паритета участия на бирже Газпрома и независимых производителей;

- установить ответственность потребителя за невыборку по долгосрочным договорам;

- обязать потребителя газа информировать своих поставщиков по долгосрочным контрактам о факте покупки газа на бирже не позднее 25 числа месяца, предшествующего месяцу поставки;

- разработать и утвердить регламент учета газа, приобретаемого потребителями в рамках внебиржевых контрактов, а также в рамках биржевых торгов на месяц и сутки вперед;

- скорректировать систему тарифообразования на транспортировку газа

с целью расширения круга экономически привлекательных регионов.

В целом НОВАТЭК считает, что существующие недостатки пока не позволяют считать биржевую цену доверительным индикативом и использовать его в случае отказа от регулируемых цен.

Как это работает?

В планах государства – отказаться от регулирования цен на газ уже в 2018 г. По словам вице-президента СПБМТСБ **Антон Карпов**, этого сложно достичь без ценового индикатора, и работа в данном направлении должна быть продолжена. «Необходимо обеспечить высокую результативность торгов за счет повышения числа участников и увеличения объемов продаж, – говорит А. Карпов. – Есть постановление Правительства РФ, разрешающее Газпрому продавать 17,5 млрд м³ газа на бирже по нерегулируемой цене. Надо идти к обеспечению его выполнения».

Эксперт отметил, что важным для развития торгов является вопрос работы системного оператора. На мировых рынках газа этот вопрос давно отрегулирован. В нашей же стране полноценным системным оператором может стать организатор транспортировки. Важно, чтобы он стремился решать эту задачу.

Представитель биржи подчеркнул также, что нормативно-правовая база для газовой отрасли не совершенствовалась уже многие годы. Отсутствует и общая концепция развития внутреннего рынка газа. «Мы его как-то развиваем, но никто не определил, каких показателей мы должны достичь, – говорит вице-президент биржи. – Проблемы с балансом не решены. Текущие правила поставки устарели и требуют модернизации».

Докладчик отдельно остановился на теме экспортных аукционов, которые сейчас проводятся Газпромом. Биржа готова принять участие в их организации. Газ – это такой же стратегически

значимый товар, поэтому биржевая площадка готова предложить монополии свою помощь.

По словам **Дмитрия Махонина**, начальника управления регулирования ТЭК ФАС России, заявленная либерализация рынка в 2018 г. должна наступить, и в рамках этого антимонопольная служба методично реализует поставленные задачи. Выпуск совместного с Минэнерго приказа – одна из них. Этот документ определит параметры ликвидности рынка и позволит избежать ее размывания. В последней редакции приказа минимальный объем газа определен как 6 % от общей добычи для Газпрома и 10 % – для независимых производителей.

Д. Махонин не мог не прокомментировать заявление Газпрома об изучении других биржевых площадок: «Мы не очень позитивно относимся к тому, что размывает ликвидность торгов, на которых продается 10 % общих поставок на рынок. Все что выше – продавайте хоть на каких площадках».

Еще один документ регулирования биржевой торговли газом – Дорожная карта по дальнейшему развитию и совершенствованию биржевых торгов. Она уже подписана Банком России и ФАС, в ближайшее время документ подпишет и ФНС. В ней поставлены такие задачи, как запуск торгов на выходные дни и на сутки, расширение базисов, создание виртуальных базисов балансовых пунктов, появление центрального контрагента, коммерческая балансировка газа. Одно из новшеств, отраженных в Дорожной карте, – двухэтапное сближение тарифов на транспортировку газа от точки входа до точки выхода по прямому контракту.

«Штрафов за регистрацию сделок по газу пока нет, – говорит Д. Махонин. – Но это не означает, что мы будем постоянно находиться в обучающей стадии. Тем более что самый крупный производитель газа процесс регистрации сделок

сейчас просто саботирует. Вот поэтому мы точно будем возбуждать административное дело».

Не все гладко

За прошедшие с момента запуска торгов полтора года биржа вышла на объем 13,6 млрд м³. Сейчас в месяц продается 1,2 млрд м³, что означает 14,5 млрд м³/год. Такую статистическую информацию привел исполнительный директор по рынку газа СПБМТСБ **Александр Петров**. В процентном соотношении число реализованных сделок достигло 97,8 %. «Это по сути показывает успех биржи как организации, обеспечивающей исполнение договоров, – говорит эксперт. – Но нас беспокоит другое – нереализованные 2,2 % сделок носят все более конфликтный характер».

В целом СПБМТСБ позитивно оценивает роль Газпрома в формировании биржевого рынка газа. По сути он обеспечил и главные объемы продаж, и качественную транспортировку, и покупку. Но сейчас ситуация меняется – существенное наращивание торгов приводит к падению цены на рынке. Газпром, понимая это, первым снижает объемы торгов, причем значительно. Для решения этой задачи эксперт предлагает существенно расширить число покупателей, в том числе за счет новых регионов. При этом надо еще больше повышать комфортность торгов с помощью ежесуточного учета газа, доведения информации до системного оператора, предоставления покупателям права на повторную продажу и продавцу на повторную покупку газа, а также за счет увеличения масштаба торгов с поставкой на следующие и текущие сутки.

Между тем аудитория выразила мнение, что биржевые торги газом к концу года достигнут запланированных объемов.



При всей важности законодательного регулирования биржевых торгов ключевым фактором привлечения покупателей на биржу является цена. Именно об этом говорили компании-потребители, комментируя свое участие в торгах. «Мы достаточно активно участвуем в закупках газа на бирже, – рассказывает директор по закупкам «Уралхима» **Дмитрий Бояркин**. – Потребители хотят купить газ дешевле, производители – продать дороже. Биржа позволяет находить эти точки соприкосновения и дает возможность сделать это эффективно и оперативно».

Кто на подходе?

Одна из площадок, которую Газпром рассматривает в качестве альтернативы СПБМТСБ, – это Биржа «Санкт-Петербург». Переговоры с газовой монополией «Расчетно-депозитарной компанией» (РДК) велись с осени 2015 г., рассказывает заместитель гендиректора этой компании **Анатолий Каргашов**. Сейчас правила биржевой торговли газом находятся на регистрации в ЦБ. С РДК биржа заканчивает тестирование торговой системы. Это значит, что торги могут быть запущены уже в ближайшее время.

Другой заместитель генерального директора РДК **Денис Гариков** отметил, что созданная на СПБМТСБ модель торгов газом оказалась удачной, что подтверждается положительной динамикой объема физических поставок газа по биржевым договорам с осени 2014 г. Но в настоящее время в рамках сложившейся модели биржевого рынка природного газа естественные границы расширения ликвидности практически исчерпаны. Необходимо организовать поставки в выходные и праздничные дни, что особенно актуально для компаний с непрерывным производственным циклом. Но это вопрос технический, и его вполне можно решить в разумные сроки.

Общая же проблема текущей модели рынка – его ограниченная анонимность, фактически заканчивающаяся на этапе заключения биржевого договора. На этапе пост-трейдинга (исполнение контрагентами своих обязательств) анонимности уже нет. В этой ситуации решением может стать введение института центрального контрагента, которое позволит перейти к реальной анонимности и грамотно управлять рисками при срыве поставки или неотборе газа.

«Мы позитивно воспринимаем выход совместного приказа ФАС и Минэнерго, – говорит **Денис Гариков**. – Но критерий ликвидности рынка – это не только его объем. Нужна более широкая клиентура со стороны потребления и большее число совершаемых сделок. Вот такой рынок можно будет считать ликвидным».

Список участников биржевых торгов может пополниться новыми производителями газа лишь при определенных условиях. «Лукойл» готов увеличить объемы продаж газа на бирже, если его цена будет равна цене долгосрочных договоров или выше ее. Об этом сообщил **Ахмед Гурбанов**, заместитель начальника управления поставок и продаж газа. Сейчас по долгосрочным контрактам компания продает 70-80 % добываемых объемов природного газа. Свободные остатки вполне могут быть реализованы через биржевые торги. Однако работать себе в убыток «Лукойл» не намерен, поэтому внимательно следит за биржевой ценой, и в случае ее повышения готов увеличить продажи газа через биржу.

Торгуют все!

Еще одной темой для дискуссии стал так называемый институт брокеров. Кто они – необходимая часть системы или лишнее звено, зарабатывающее на посреднических услугах? Сами они считают, что выполняют на биржевом рынке важную функцию, и это доказано

на практике. Да и в целом становление биржевой торговли, как отмечают брокеры, – процесс хоть и сложный, но понятный за счет опыта прошлых лет. Гендиректор брокерской компании «Алгоритм Топливный интегратор» **Алексей Бураков** четко обозначил функции компании на биржевом рынке: «Мы на данный момент единственные, кто широко работает в регионах с мелкими потребителями. Стать эксклюзивным брокером крупного потребителя мы не пытаемся, как и не пытаемся играть в интересах кого-то из поставщиков. Просто берем привычный нам круг промышленных предприятий, с большинством из которых работаем на рынках нефтепродуктов, и точно так же продаем свои услуги».

А. Бураков подчеркнул, что брокеры на бирже – структура в достаточной степени организованная, через которую компании взаимодействуют с регулятором, инфраструктурой, участниками торгов. Пока это касается только рынка нефтепродуктов, но в планах – развивать газовую ветку партнерства.

С коллегой согласен и гендиректор «Солид – товарные рынки» **Илья Мороз**: «Мы сейчас наступаем на грабли, которые были на других рынках. Игроки должны понять, что нужно помогать друг другу, в том числе и нам, брокерам. По сути, мы дублируем работу банка, чтобы оценить контрагента. Крепкие брокерские компании консолидируют большое количество платежеспособного спроса. Мы берем на себя огромное число проблем по доступу на биржевую

площадку, работе на ней. Никто из участников локального рынка не в состоянии это сделать, поскольку это очень дорого – оценивать рынок. С одной стороны, нам надо выстраивать взаимодействие с регуляторами, производителями и потребителями, – говорит Илья Мороз. – С другой – нам не хватает компетенции, чтобы охватить нормативную базу и понять, как рынок устроен изнутри, что мешает ему развиваться. Необходимо привлекать специалистов и давать регуляторам уже сформулированное предложение, как правильно с точки зрения игроков рынка его организовывать».

«По прошествии полутора лет с момента запуска биржевых торгов газом можно сказать, что система работает, – резюмировал управляющий директор Группы CREON **Сергей Столяров**. – Игроки рынка осознали, что государство не откажется от идеи продавать природный газ на бирже, и постепенно пытаются находить в этом плюсы для себя. Для Газпрома это прежде всего возможность зимой продавать газ дороже и с помощью биржевых механизмов решить некоторые вопросы неплатежей». С. Столяров упомянул и о расширении списка участников торгов за счет компаний из стран ЕврАзЭС: «Необходимо синхронизировать правила биржевой торговли газом в РФ, внутренний распорядок Газпрома и регламент ЕврАзЭС. Тогда нерезиденты из стран-участниц союза получат понимание порядка своей работы на российской площадке и возможность покупать газ по рыночной цене».

Нужен пятый элемент

Потребление метилового спирта в России ежегодно растет, это связано прежде всего с увеличением объемов производства химической и нефтехимической продукции. Однако мощности отечественных предприятий сейчас

загружены на 90 % – а значит, существенного скачка объемов выпуска ждать не стоит. Стране явно нужны новые мощности, и в этой связи все востребованнее выглядят заявленные метанольные проекты.

Компания CREON Energy 24 июня провела в Санкт-Петербурге 11-ю международную конференцию «Метанол 2016». Мероприятие прошло при поддержке MMSA, партнером выступила компания Air Liquide.

Мировой рынок метилового спирта, а вслед за ним и российский в прошлом году пережили серьезное снижение цен. Сейчас ценовой индекс хоть и медленно, но пополз вверх, отметил в приветственном слове генеральный директор CREON Energy **Санджар Тургунов**. Это изменение конъюнктуры заставило отечественных производителей по-другому взглянуть на внутренний рынок – спрос на нем есть, а значит, есть смысл наращивать мощности. Тем более что за 2015 г. потребление выросло на 13 %. Каковы перспективы российского метанола на отечественном и зарубежных рынках? Что нового могут предложить инжиниринговые компании? Эти и другие вопросы Санджар Тургунов предложил обсудить в ходе конференции.

За прошедший год Китай укрепил свою позицию в качестве крупнейшего мирового потребителя и производителя метанола, сообщил управляющий директор по Европе MMSA **Вольфганг Зойзер**. Спрос на метанол в 2015 г. достиг 45 млн т, а к 2021 г. прогнозируется на уровне 80 млн т. При этом общее потребление в странах Азии ожидается в объеме 92 млн т. Эксперт отметил, что импорт в КНР постоянно растет – и это несмотря на сложную ситуацию в мировой экономике. Связано это, кроме прочего, и с запуском в Китае нескольких МТО-проектов. В ближайшие два года, говорит В. Зойзер, ожидается дальнейшее увеличение мощностей МТО (как интегрированных, так и неинтегрированных) на фоне слабого роста спроса в топливном сегменте.

В Северной Америке спрос на метанол значительно опережает производство – в прошлом году объемы отличались почти в два раза. Однако уже к 2020 г.

эти показатели должны сравняться, а в 2021-м производство достигнет 9 млн т и превысит потребление.

Что касается Европы, то никаких резких скачков показателей не ожидается – потребление будет плавно расти. Инвестиций в новые мощности по производству метанола не прогнозируется.

Вольфганг Зойзер представил прогноз по рынку метанола в странах акватории Атлантического океана на 2016 г. Общий спрос ожидается на уровне 27,2 млн т, производственные мощности оцениваются в 46,2 млн т. Однако реальное производство, говорит эксперт, составит около 37 млн т. Из этого объема на рынки стран акватории Атлантического океана будет направлено 28 млн т, остальной объем поступит в Китай, Юго-Восточную Азию и другие регионы мира.

Докладчик отдельно остановился на использовании метанола в качестве добавки к автомобильному топливу. Европейское законодательство допускает 3%-е содержание в нем метилового спирта, однако некоторые автопроизводители – Chevrolet, Fiat, GMC, BMW – отдельно прописывают в инструкции к автомобилям, что метанолсодержащее топливо для заправки использоваться не должно. В то же время, говорит В. Зойзер, оно обладает целым рядом преимуществ, главные из которых – уменьшение вредных выбросов и более низкая стоимость. Тем более что существующая инфраструктура позволяет заливать в машины даже топливо М15 – с содержанием метанола 15 %. К настоящему времени основное применение метанола в Европе – это использование в качестве альтернативы бункеровочному топливу. Лидером в этом сегменте является шведская судоходная компания Stena-Line. В меньшей степени метанол как добавку для топлива используют исландская CRI и израильская Dor Chemical. Также эксперт отметил несколько специфических инициатив в некоторых странах ЕС.

В. Зойзер прокомментировал и ситуацию с ценообразованием на метанол. В связи с чем Санджар Тургунов поинтересовался, какая же цена на метанол может считаться справедливой? На что В. Зойзер ответил, что сейчас нет показателя, который можно взять в качестве образца. В период рецессии в экономике цены на метанол находились в среднем в диапазоне 250...300 долл. Если предположить, что фундаментальные показатели мировой экономики, а также другие, влияющие на ценообразование метанола, факторы не изменятся, то поставщики и потребители скорее согласятся, что этот диапазон отражает приемлемый уровень цен. Однако эксперт считает, что в дальнейшем этот уровень будет расти.

О ситуации на российском рынке метанола рассказала **Лола Огрель**, директор департамента аналитики CREON Energy. По итогам 2015 г. производство составило 3,64 млн т, что всего лишь на 0,7 % больше по сравнению с данными за 2014 г. – и это несмотря на запуск в августе 2015 г. нового предприятия «Аммоний». Средняя загрузка мощностей по стране составила 89 %. Как сообщила эксперт, крупнейшие российские производители – это «Метафракс» (25,9 %), «Сибметакхим» (24,3 %) и «Томет» (20,2 %), специализирующиеся именно на производстве метанола.

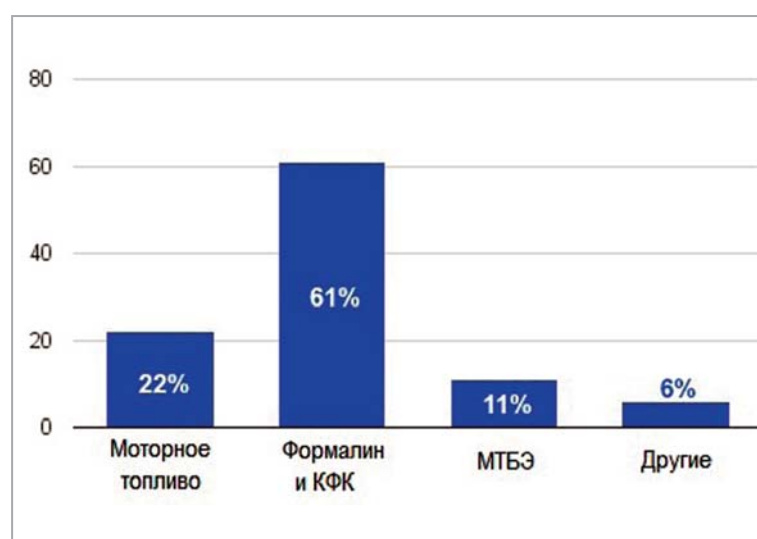
Л. Огрель отметила, что потребности внутреннего рынка полностью обеспечиваются отечественным производством, импорт отсутствует. Доля товарного метанола в прошлом году составила 46 %, на внутривозвратное потребление направлено 19 %, на экспорт – 35 %. Практически весь метанол перевозится по железной дороге.

Потребление метилового спирта в 2015 г. составило 2,39 млн т, это на 13 % превышает показатель 2014 г. На долю 10 крупнейших потребителей приходится до 70 % объема потребления

товарного метанола. Основной индивидуальный потребитель – производитель изопрена и МТБЭ «Нижнекамскнефтехим».

Российская структура потребления метанола существенно отличается от мировой – у нас значительно выше доля продукта, идущего на формальдегид, и отсутствует его потребление в качестве альтернативного топлива. Крупным внутренним потребителем является газодобывающая отрасль, использующая метанол как ингибитор, препятствующий образованию гидратных пробок при добыче и транспортировке газа. В 2015 г. использование метанола при добыче и транспортировке газа выросло до 400 тыс. т и составило 17 % всего объема потребления в России.

Участники конференции в ходе онлайн-голосования также посчитали производство формалина и КФК основным драйвером роста потребления метанола, однако на втором месте оказалось моторное топливо (рисунок).



За счет каких сегментов будет увеличиваться потребление метанола в России

По итогам 2015 г. экспорт метанола из России сократился на 16,3 % и составил 1,27 млн т. Как сообщила Л. Огрель, объем зарубежных поставок

регулируется сейчас внутренним спросом. В 2014 г. наблюдалось снижение внутрироссийского потребления, в 2015-м же спрос вырос, что привело к падению объемов экспорта.

Основной страной-получателем российского метилового спирта является Финляндия – около половины общего объема экспорта. Связано это с тем, что Финляндия в данной ситуации выступает в роли транзитного пункта – большая часть полученного продукта отправляется далее в страны ЕС. Относительно новым для России рынком сбыта является Румыния – за четыре года она увеличила потребление российского метанола с 19 до 145 тыс. т.

По объемам поставок крупнейшим российским экспортером является «Сибметакхим» – почти 31 % общего объема. За ним с показателем 26,5 % следует «Щекиноазот».

Отечественные компании давно уже рассматривают метанол как серьезный самостоятельный продукт, в который можно вкладываться – это выгодно и перспективно. В частности, Тимано-Печорская газовая компания, находящаяся под управлением УК «Инверсия», изучает различные пути монетизации предполагаемых к добыче газа Интинского и Кожимского газоконденсатных месторождений, в том числе прорабатывается вопрос о производстве метанола. Как сообщил финансовый директор «Инверсии» **Игорь Горшунов**, ожидаемые объемы добычи природного газа оцениваются от 1 до 3 млрд м³/год. На Интинском месторождении уже заканчивается строительство разведочной скважины № 24. Организация малотоннажного производства метанола будет способствовать увеличению маржинальности, в то время как прямая продажа природного газа менее прибыльна. Конкретное решение о производстве метанола будет принято по мере дальнейшего изучения вопроса.

Появлению новых метанольных проектов, в частности, способствует активное развитие инжиниринга в этой области – новые технологии становятся все менее затратными и более продуктивными. Air Liquide является одним из мировых лидеров в создании технологий по получению метанола. Как рассказал директор по развитию компании **Маттиас Штайн**, компания предлагает клиентам технологию Lurgi Mega Methanol производительностью 5 тыс. т/сут, а с 2012 г. – возможность строительства завода мощностью 10 тыс. т/сут с одной технологической линией.

Особенность работы Air Liquide – это управление реализацией всего проекта. М. Штайн отметил, что у компании есть схема классической реализации проекта, однако для России она будет несколько иной. Ее особенности – снижение расходов до принятия окончательного решения об инвестициях, участие Air Liquide в разработке пакета проектной документации и предпроектном проектировании с целью снижения затрат, надзор за выполнением проекта, финансирование посредством экспортного кредитного агентства при участии Air Liquide.

В России разработка проектной документации и ее утверждение, по мнению докладчика, занимает от девяти месяцев до года, и этот срок надо сокращать при определении времени завершения проекта. Но если действовать грамотно и разумно, то общие сроки работы можно сократить. Например, работу над проектной документацией можно передать другой компании, при этом Air Liquide продолжает контролировать процесс, занимаясь параллельно другими аспектами (в частности, инжинирингом).

Компания «Химтехнология» (входит в ГК «Алвиго») разрабатывает агрегат М-10 проектной мощностью 10 тыс. т метанола-ректификата в год.

Как сообщил заместитель технического директора **Леонид Родин**, установка предназначена для производства метанола из попутного нефтяного газа, в том числе на удаленных месторождениях с ограниченной инфраструктурой. Она изготавливается в виде готовых блочно-модульных конструкций в габаритах стандартных морских контейнеров, требующих минимальных сборочных работ на площадке строительства. Также на базе своего опыта разработок агрегатов синтеза метанола с использованием изотермических реакторов компания создала технологию увеличения мощности производства метанола с 2500 до 3070 т/сут метанола-ректификата. Компания имеет разработанные технологии по производству метанола мощностью от 40 до 600 тыс. т/год и выше.

Haldor Topsoe предлагает потребителям различные технологии производства метанола – от мега-проектов до небольших и совмещенных производств, рассказала региональный менеджер компании **Александра Карягина**. За последние 15 лет компания спроектировала 40 установок метанола общей мощностью 97 тыс. т/сут. Haldor Topsoe разработала и технологию совмещенного производства аммиака и метанола, в нашей стране она уже используется на «Аммонии», а в 2018 г. будет запущена на предприятии «Щекиноазот» (ожидаемая мощность – 1350 т/сут аммиака и 415 т/сут метанола).

Далее участники конференции перешли к обсуждению переработки метанола в товарные продукты.

В частности, менеджер по развитию бизнеса компании ExxonMobil (группа «Катализаторы и лицензирование технологий») **Андрей Кричко** рассказал о получении бензина из метанола по технологии MTG. Данная технология позволяет получать из метанола СУГ и товарный бензин с нулевым содержанием серы, низким содержанием

бензола и октановым числом ИОЧ 92, который полностью отвечает требованиям стандарта ASTM 4814 и ГОСТ 32513–2013. Первый завод по получению синтетического топлива из метанола был построен в Новой Зеландии в 1985 г. и успешно эксплуатировался до 1997 г. В 2009 г. запущена в эксплуатацию установка нового поколения на 100 тыс. т бензина в год в провинции Шаньси (КНР) компанией Jincheng Anthracite Mining Group (JAMG). В настоящее время ведется строительство второго нового завода мощностью 1 млн т бензина в год также в Китае (JAMG). Завершение строительства намечено на конец 2016 г.

Преимуществами технологии MTG компании ExxonMobil являются низкий технический риск и подтвержденная возможность масштабирования технологии в диапазоне от 100 тыс. до 1 млн т/год. Компания разрабатывает новое поколение технологий MTG в сотрудничестве с Sinopec Engineering Group. В новой технологии будет применяться реактор с псевдооживленным слоем катализатора вместо нескольких реакторов с неподвижным слоем. Ожидается существенное снижение капитальных и операционных затрат, что повысит экономическую и эксплуатационную эффективность процесса.

«Метанол сегодня – это не просто продукт монетизации газа, а «писк» газохимической моды. Именно поэтому так много проектов уже заявлено, и они продолжат появляться, – сказал Санджар Тургунов. – Однако шансы есть только у тех, которые реализуются действующими игроками или структурами, глубоко интегрированными в отрасль. У нас есть проектные институты, западные инжиниринговые компании, структуры, обеспечивающие финансирование, потребители. Но для успеха обязателен пятый элемент – грамотная команда со стороны заказчика».

Автопробег «Голубой коридор – 2016»

66

Е.Н. Пронин, начальник отдела ООО «Газпром экспорт»

В четверг 26 мая 2016 г. на Парадном дворе Таврического дворца в Санкт-Петербурге стартовал десятый юбилейный автопробег «Голубой коридор». Праздничная церемония собрала около 200 гостей.

Участников автопробега приветствовали главы компаний Алексей Миллер (Газпром) и Клаус Шефер (Uniper). В их приветствиях и напутствиях звучали активная поддержка, знание тонкостей, удовлетворение результатами и гордость за проект, который уже стал брендовым европейским мероприятием.

В ходе церемонии старта автопробега генеральный директор КАМАЗа Сергей Когогин вручил главе дирекции по газомоторному топливу министерства углеводородов и энергетики Боливии Фернандо Фернандесу подарочный сертификат на газодизельный тягач КАМАЗ. Эта машина будет работать в Боливии и, будем надеяться, понравится местным предпринимателям и водителям.

Точно по графику колонна газовых автомобилей начала движение, а гости пошли на годовое собрание Международного делового конгресса, в рамках которого и состоялся старт автопробега.

Прежде чем взять курс на Таллин, участники автопробега заехали на газовую заправку. АГНКС-500 на Пулковском шоссе была построена в середине 80-х гг. и сохранена до наших дней. 30 лет назад эта земля была за чертой Ленинграда, сегодня – это городская территория. Пулковская АГНКС (цена газа 16 руб./м³) – единственная выжившая и работающая метановая заправка в городе. В области сейчас идет рекон-

струкция и строительство еще нескольких станций. В самом же Питере, увы, метан доступен только в одном месте.

По пути в Эстонию очень порадовал погранпереход Ивангород – Нарва. На все ушло 40 минут. На российской стороне уложили асфальт. Еще пару лет назад площадка поста встречала и провожала проезжающих разбитым покрытием.



А. Миллер и К. Шефер (в центре) с экипажами автопробега



Автопробег «Голубой коридор – 2016» стартовал

Эстонский пост тоже после нескольких лет работы наконец привели в порядок. Работа таможенников и пограничников с обеих сторон оставила благоприятное впечатление.

Эстония, 26-27 мая

67

Дороги в Эстонии в основном в хорошем состоянии. Эстонские коллеги посоветовали строго соблюдать ПДД: штрафы в стране драконовские.

В Нарве нас встретили коллеги из Eesti Gaas, провели короткую экскурсию по Нарвской крепости XIV века (Замок Германа), угостили обедом, заправили природным газом и благословили в дальнейший путь.

В Эстонии КПГ процентов на тридцать дешевле дизельного топлива и бензина в массовом эквиваленте: на одной из двух таллинских АГНКС за 1 кг природного газа мы платили 0,73 евро. Всего в Эстонии работают пять АГНКС: две в Таллине и по одной в Нарве, Пярну и Тарту. У компании Eesti Gaas есть планы по дальнейшему развитию газозаправочной сети для автомобилей и морских судов. В самом Таллине компания строит третью АГНКС.

На прошедшем 27 мая круглом столе собралось достаточно много специалистов из различных отраслей бизнеса и науки. Нужно отметить, что высшие руководители Eesti Gaas, присутствовавшие на круглом столе, накануне приняли участие в пуске завода по сжижению природного газа в Пскове, где заключили сделку на импорт СПГ. Их хорошее настроение придало профессиональному диалогу добросердечный характер.

С презентациями выступили представители «Газпром экспорт», Uniper, Eesti Gaas, Министерства экономики и коммуникаций, Таллинского технологического университета, компании Tallink.

Проблемы экологической безопасности, энергетической и экономической эффективности для Эстонии по-прежнему стоят в перечне приоритетов. По данным Министерства экономики и коммуникаций Эстонии, 25 % энергоресурсов потребляет национальный транспортный сектор, из которых 94 % уходят в автомобильный транспорт. В 2014 г. потребление топлива в этом сегменте составило 700 тыс. т, в морском транспорте – 10 тыс. т.

Пристальное внимание уделяется развитию альтернативной энергетики для транспорта. Национальная стратегия предусматривает внедрение СПГ во всех портах, входящих в транспортную систему Евросоюза TEN-T, и выход к 2020 г. на уровень потребления биотоплива в автотранспортном сегменте не менее 92 тыс. т/год. В целом баланс альтернативного топлива в дорожном транспорте должен выглядеть примерно так: электричество – 5 %, биометан – 35 %, биотопливные добавки – 60 %¹.

До конца 2016 г. национальная стратегия в области альтернативных видов топлива должна быть окончательно сформулирована. Она будет включать вопросы информационной платформы, законодательства в области природного газа, системного регулирования рынком, диверсификации, качества биотоплива и др.

Участники круглого стола отметили, что ситуация на рынке нефти привела к существенной корректировке экономических показателей перевода судов на ПГ. По мнению экспертов Таллинского технологического университета, одной из основных технических задач при строительстве нового корабля на СПГ и уж тем более при переоборудовании корабля, уже находящегося в эксплуатации, является размещение

¹ Siim Meeliste. LNG transpordisektorisse. Majundus-ja Kommunikatsiooni Ministeerium. 27.05.2015. Round Table - Blue Corridor-2016, Tallinn

емкостей для хранения, скорость заправки, качество и температура газа. Однако специалисты не считают эти проблемы непреодолимыми.

Представитель компании Tallink рассказал о строительстве нового скоростного парома на СПГ Tallink Shuttle для линии Таллин – Хельсинки. В финансировании строительства долевое участие принимает Евросоюз. Общая стоимость парома 230 млн евро. Tallink Shuttle будет иметь водоизмещение 49 тыс. т, длину 212 м, пассажироместимость 2800 чел., автомобильные палубы на 800 машин, газодизель-

ную силовую установку (MGO/LNG), крейсерскую скорость 27 узлов. Корабль будет сдан заказчику в начале 2017 г.

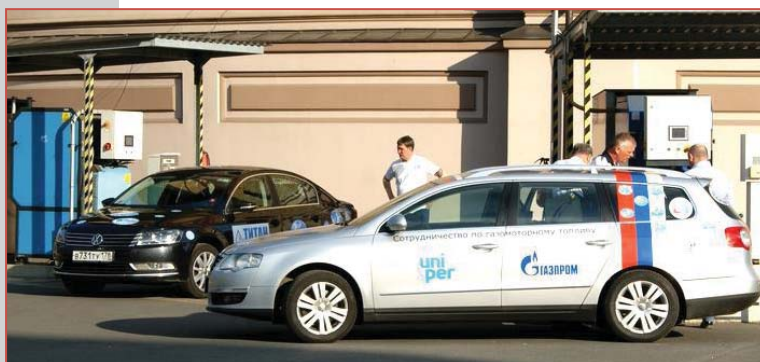
Компания Tallink представляет собой привлекательного клиента для продавцов СПГ и КПП, поскольку, кроме 16 кораблей различного назначения, компания владеет грузовиками, автобусами и легковыми такси. Тем более что первый и очень важный шаг – строительство парома на СПГ – компания уже сделала.

После обеда участники автопробега отправились на АГНКС заправлять машины метаном, а потом устремились в Латвию.



Скоростной паром на СПГ Tallink Shuttle

Латвия, 27-28 мая



АГНКС Latvias Gas

В Латвии мы не ожидали, что по дорогам раскатывают дорожные полицейские в машинах без опознавательных надписей и контролируют обстановку. Они-то нас и засекали: мы немного увлеклись и ехали со скоростью 126 км/ч, на 26 км превысив ограничение и на шесть – предел погрешности. Рассказы про нашу экологическую миссию помогли лишь отчасти: нарушение было оценено по низшей планке в 40 евро.

Сегодня в Латвии всего две заправки КПП. Одна – в столице Латвии на территории газовой компании Latvias Gas для заправки собственных автомобилей VW Caddy технической службы, вторая – экспериментальный ПАГЗ компании Gaz Liner, обслуживающий несколько автобусов в Юрмале. Тема автомобильного метана в этой стране пока не возрождается.

Утром 28 мая при отменной погоде мы стартовали в Клайпеду.

Литва, 29 мая

В Литве пейзаж сменился на более благоприятный по сравнению с Латвией. Дороги получше, поля обработаны, пасутся коровы.

Очень хорошее впечатление произвел город Шауляй, через который лежал наш

путь в Клайпеду. На улицах Шауляя мы увидели газовые автобусы, что указывает на наличие в городе АГНКС. В справочниках мы ее пока не нашли.

Газом мы заправились уже в Клайпедде. АГНКС расположена в непосредственной близости от автобусного парка, в котором два года назад во время пробега «Голубой коридор – 2014: Балтия – Адрия» мы проводили круглый стол. Станция оборудована двумя двухпостовыми газораздаточными колонками с пистолетами NGV-1, полностью автоматическая, режим работы круглосуточный. Интерфейс многоязычный. Оплатить заправку можно картой компании Lietos Dujos или наличными.

Нужно также обращать внимание на давление заправки. Если оно равно 20 МПа, то заправить баки полностью не получится. Газа всегда будет несколько меньше, чем могло бы быть при более высоком давлении.

Совет всем, кто управляет газовым автомобилем: внимательно изучайте инструкции, которые имеются на каждой станции. Универсальных практик нет! В каждой стране и у каждого изготовителя оборудования своя последовательность действий.



АГНКС в Клайпедде

Польша, 29-30 мая

Поездка до Ольштына по польской территории была достаточно медленной и проходила в основном по шоссе с односторонним движением в каждом направлении. Прибавьте к этому ограничения по скорости в частых деревнях и городках, еле плетущиеся автобусы, собирающие за собой колонны машин, и вам станет ясно, что такая дорога совсем не радует.

И заправок метаном в этом краю пока нет. Правда, есть некий задел. В автобусном парке Ольштына сжиженным природным газом заправляют 11 городских автобусов.

Представители компании Gazprom Germania устроили для участников автопробега вечерний технический тур в автобусный парк для ознакомления с конструкцией КриоАЗС и процессом заправки автобусов. Кстати, автобус заправляется СПГ за пару минут. Быстрее, чем дизельным топливом.

30 мая газовые автомобили покинули цветущий древний Ольштын в направлении на Гданьск.

Поездка была бы совершенно комфортной, если бы не массивное строительство автодорог в Польше и связанные с этим неудобства. Вообще, наблюдая за масштабом дорожного строительства в Речи Посполитой, логично предположить, что лет через пять сеть автомагистралей в стране может стать одной из лучших в Европе. Наличие современных дорог повысит экономическую привлекательность



КриоАЗС в автобусном парке Ольштына, Польша

Польшу как автотранспортного коридора между востоком и западом. Это в свою очередь может увеличить спрос на транспортные услуги и топливо.

Утром 31 мая в гостинице Radisson Blu Gdansk прошел круглый стол, на который были приглашены представители компаний Barter Gaz, Duon, Polish Ocean Lines, Port of Gdansk, Port of Gdynia, Ship Services, Cryogas, Cubo Gaz, Gruppa Lotos, МРО, а также Institute of MarineTraffic Engineering и PIMOT. Всего около 30 человек, не считая прессы.

70



Строительство новых дорог в Польше

Участники достаточно подробно рассмотрели вопросы стратегии Евросоюза в области использования СПГ в качестве альтернативного моторного топлива.

Для расширения доступа к СПГ Еврокомиссия рекомендует следующие меры.

- Развивать инфраструктуру на внутренних рынках за счет собственных инвестиций и средств Евросоюза. В Брюсселе отмечают, что на северо-западе Европы хорошо развита газотранспортная система. Страны региона имеют доступ к нескольким источникам газа, сложился высококонкурентный рынок, функционируют несколько прибрежных терминалов СПГ. Газовые рынки

стран Балтии, восточной, юго-западной и юго-восточной Европы развиты слабее.

- Завершить формирование национальных газовых рынков и сделать их привлекательными для поставщиков СПГ, улучшить инвестиционный климат.
- Повысить эффективность использования мощностей по хранению газа. Еврокомиссия намерена усовершенствовать нормативную базу в области трансграничного доступа к хранилищам газа, оптимизировать использование хранилищ, в частности, за счет принятия планов действий в чрезвычайных обстоятельствах.
- Развивать международное партнерство по формированию свободного и прозрачного глобального рынка СПГ, привлечь существующих и потенциальных поставщиков СПГ, а также главные страны-потребители в качестве гарантов свободной торговли как в обычных условиях, так и при наступлении внешних чрезвычайных обстоятельств.

По окончании круглого стола газовые автомобили продолжили движение на запад.



Круглый стол в Гданьске

Росток, Германия, 1-2 июня

1 июня мы добрались до Ростка. Нас не очень порадовали цены на КПП в Германии: бензин – 1,29 евро/л; дизельное топливо – 1,08 евро/л, КПП – 1,05 евро/кг (0,79 евро/м³). Разница в ценах на метан и дизельное топливо сейчас настолько ничтожна, что делает газификацию большегрузного транспорта экономически непривлекательной.

Вторым негативным фактором является низкая цена автомобильного пропана – непосредственного конкурента КПП. На АЗС, где мы заправлялись, за один литр СУГ нужно платить всего 0,58 евро (0,75 евро/кг).

Заправив и помыв автомобили, мы погнали их на Ростокскую ярмарку, где на следующий день состоялось мероприятие, организованное немецкой «дочкой» Газэкспорта Gazprom Germania.

Круглый стол «Голубой коридор» был интегрирован в конференцию по вопросам газовой мобильности. Собралось не менее ста участников, представлявших различные сферы деятельности: органы власти, автопром, автомобильный и водный транспорт, портовые администрации, производство компрессорного и криогенного оборудования.

Для участников конференции была организована выставка газовых автомобилей, работающих на КПП и СПГ. Машины, участвующие в автопробеге, органично вписались в экспозицию.

Коллеги из компании Gazprom Germania продемонстрировали участникам мероприятия процесс заправки грузовика сжиженным природным газом. Как и при заправке автобуса, вся операция происходит за считанные минуты.

В ходе конференции Тобиас Блок, представитель компании Audi, рассказал о выводе на рынок новой газовой Audi A4 g-tron. Эта машина, по его словам, станет самым экологически безопасным газовым автомобилем: при работе на синтетическом газе он выбрасывает на 25 % CO₂ меньше, чем автомобиль на КПП, и на 70 % меньше чем бензиновый. В компании говорят о топливной революции в бензобаке².

Манфред Кубацки, эксперт компании IVECO, представил разработки экологически безопасных грузовиков, использующих в качестве топлива КПП и СПГ (включая биометан). Одним из наиболее важных показателей для газового автомобиля является запас хода на одной заправке топливом. В случае комплектования автомобиля IVECO Stralis двумя баками для СПГ он сможет пройти 1340 км³.

Таким образом, всего за несколько лет пробег грузовика на метане увеличен практически в три раза, а у противников газификации транспорта отнят еще один козырь.



Участники автопробега «Голубой коридор - 2016» в Ростоке, Германия



Участники конференции «Мобильность на природном газе»

² Tobias Block. Nachhaltige Produktentwicklung.Round Table, Blue Corridor-2016, 02 June 2016, Rostock, Germany

³ Manfred Kubacki, Sales Expert Natural Power. IVECO: CNG/LNG im Einsatz. Round Table, Blue Corridor-2016, 02 June 2016, Rostock, Germany

Эксперт из DVGW (Германская научно-техническая ассоциация в области водно- и газоснабжения) рассказал о развитии заправочной инфраструктуры Германии для автомобильного и водного транспорта. В соответствии с ранее разработанными планами необходимо построить шесть крупных КриоАЗС для дальнемагистральных перевозчиков и примерно 40 криозаправочных станций для региональных⁴. Внутренний водный и морской транспорт может обслуживать сеть из примерно 25 пунктов бункеровки.

Давид Гребе, руководитель направления использования газа на транспорте в компании Gazprom Germania, рассказал о планах создания в порту Росток распределительного хаба для обслуживания автомобильного и водного транспорта. Предполагаемый объем хранения СПГ составит около 5 тыс. м³, и годовая пропускная способность достигнет 100 млн т к 2025 г. В проект закладываются возможности заправки грузовиков, загрузки и разгрузки судов-бункеровщиков. Предполагаемое время ввода в эксплуатацию 2018 год⁵.

Михаэль Краак из компании Marine Service GmbH представил ряд перспективных разработок в области бункеровки морских судов. В частности, речь шла о новой барже-бункеровщике и криопроводах для перекачки СПГ. Также он рассказал о перспективной бортовой системе хранения СПГ для четырех новых круизных лайнеров компании Aida и Costa. На борту кораблей будут установлены по три криогенных емкости (одна на 355 м³ и две по 1250 м³). Температура хранения СПГ –163 °С, максимальная плотность 480 кг/м³, коэффициент наполнения не более 95 %, испарение 0,42 % в сутки⁶.

Таким образом, круглый стол в Ростке прошел плодотворно, показав высокую заинтересованность его участников в дальнейшем развитии газомоторной отрасли.

Копенгаген, Дания, 6 июня

Копенгаген встретил участников ралли тридцатиградусной жарой, толпами туристов, мириадами велосипедистов, бесчисленными цветущими клумбами. В Дании нельзя увидеть необработанную землю. Каждый клочок заботливо ухожен и приносит пользу.

А вот цены на топливо совсем не обрадовали. Как и в других скандинавских странах, в Дании все очень дорого. Бензин стоит 1,33 евро/л, дизельное топливо – 1,10 евро/л, а килограмм природного газа обойдется в 1,34 евро, или 1,01 евро/м³. Совершенно очевидно, что при таких ценах у автомобилистов нет экономического мотива переходить на метан. СУГ в качестве моторного топлива в Дании практически не применяется.

Датчане очень ответственно относятся к среде обитания и активно внедряют новые эко- и энергоэффективные технологии, включая электромобили. Повсюду встречаются электростолбы.

Правительство Дании также поощряет (субсидирует) производство и потребление биогаза и других видов биотоплива из непищевых культур. К газотранспортно системе подключены 15 заводов по производству биогаза, еще восемь строятся⁷.

4 Frank Gröschl. Grundnetz LNG Tankstelleninfrastruktur für Deutschland. DVGW. Round Table, Blue Corridor-2016, 02 June 2016, Rostock, Germany

5 David Graebe. Gazprom Germania. Tailwind for LNG – Opportunities for Mecklenburg-Vorpommern. Round Table, Blue Corridor-2016, 02 June 2016, Rostock, Germany

6 Michael Kraack. Marine Service. Pioneering Solutions. LNG in Maritimen Anwendungen. Round Table, Blue Corridor-2016, 02 June 2016, Rostock, Germany

7 HMN Naturgas' engagement i CNG, LNG og biogas. Henrik Iversen. Round Table, Blue Corridor-2016, 06 June 2016, Copenhagen, Denmark

В общем объеме потребления газа доля биогаза составляет 2,5 %⁸. К 2020 г. его потребление должно удвоиться по сравнению с 2015 г. и составит примерно 200 млн м³, из которых 8 % предназначены для транспорта (7 % в 2015 г.).

Круглый стол автопробега «Голубой коридор 2016: Янтарный путь» в Копенгагене проходил в стенах компании HMN Naturgas, которая уже во второй раз принимает наше мероприятие. Первым был «Голубой коридор 2013: Ганза». Компания HMN также организовывала проведение заседания Рабочего комитета 5 «Использование газа» Международного газового союза в 2015 г.

На круглом столе присутствовали около 80 экспертов из газовых, автомобилестроительных, транспортных компаний. Открыла заседание круглого стола генеральный директор HMN Naturgas Сюзанн Юль.

Общий парк автомобилей Дании насчитывает 2,4 млн ед. 8 тыс. машин используют электричество. На биотопливе работают 6500 легковых автомобилей, 390 грузовиков, 690 автобусов. Биометан используют 267 автомобилей⁹. Заправку осуществляют 13 АГНКС. В 2016-2017 гг. в эксплуатацию введут еще четыре станции.

Наиболее распространены двухпостовые станции средней производительности с пистолетами NGV1 и NGV2 либо с двумя NGV1. Станции компании HMN располагаются при каких-либо инженерных объектах, персонал которых параллельно обслуживает станцию. В Дании есть также станции малой производительности. Все они автоматические: работают по безлюдной технологии. На автотранспортных предприятиях действуют станции медленной заправки.

Компоновочные решения предусматривают размещение основного технологического оборудования на территории промышленного объекта, а газораздаточную колонку выносят за периметр предприятия, что позволяет заправлять и собственные машины, и транспорт сторонних организаций, и индивидуальных владельцев.

Определенное неудобство представляет порядок оплаты за КПП. Расчет производится по корпоративным картам и кредиткам основных платежных систем. Еще до начала заправки автомат блокирует на карточке покупателя 900 датских крон (примерно 120 евро). Если средств недостаточно, в заправке будет отказано. По завершению заправки производится расчет, а сдача перечисляется на карту через какое-то время. Иногда через несколько дней. Сумма предоплаты в Дании фиксированная. В Финляндии, например, предоставляется выбор из трех позиций. В Эстонии за сдачей нужно приезжать, предварительно позвонив по указанному телефону.

Несмотря на неблагоприятную для метана ценовую конъюнктуру, власти приветствуют перевод транспорта на газ. На данном этапе приоритет отдан газификации муниципальных мусоровозов и автобусов. В Датском экологическом совете полагают, что наиболее эффективно переводить на газ мусоровозы и грузовики с суточным пробегом не более 400 км и заправкой на территории предприятия.

А вот использование сжиженного биометана в ближайшей перспективе в Совете считают нереалистичным в связи с риском утечек.

Мэрия Копенгагена предусматривает к 2018 г. перевести на газ 60 % мусоровозов несмотря на то, что совокупная стоимость владения такими машинами в условиях Копенгагена на 9 % превышает этот же показатель для дизельной техники.

⁸ Masser af Grønne Gasser til Transportsektoren – Et Indlæg fra Systemansvarlige. Torben Brabo, Direktør Gas, Energinet. dk. Round Table, Blue Corridor–2016, 06 June 2016, Copenhagen, Denmark
⁹ Gas til B2B-sektoren: Udfordringer og potentiale. Michael Stie Laugesen, Afdelingsleder – FDT. Round Table, Blue Corridor–2016, 06 June 2016, Copenhagen, Denmark

Новая Дорожная карта единого европейского транспортного пространства предусматривает к 2030 г. сократить вдвое применение в городах автомобилей на традиционных видах топлива, а к 2050-му вообще отказаться от них.

Отделение компании Iveco в Дании также предлагает покупателям широкую гамму газовых автомобилей¹⁰. И компания Mercedes-Benz нашла простой ответ на вопрос о дальности пробега таких машин. В зависимости от функционального предназначения шасси автомобиля может быть оборудовано одной или двумя кассетами баллонов с КПП, одним или двумя баками с СПГ. Благодаря этому пробег на одной заправке газом может быть доведен до 1300 км¹¹.

И все же транспортники не спешат переводить свои грузовые и пассажирские парки на природный газ и биометан из-за незначительной разницы (а иногда она бывает и отрицательной) в ценах на дизельное и газовое топливо. Кроме этого, автопредприятия не желают оплачивать более высокую (на 25...35 %) стоимость газовой техники без государственных компенсаций.

Для стимулирования покупательского интереса немецкая компания Uniper (ранее была частью концерна E.ON) разрабатывает проект смягчения финансового бремени для потребителей. В частности, компания предполагает при гарантированном приобретении 1000 грузовиков на СПГ договориться с производителем о снижении цены либо компенсировать часть этих затрат. Дополнительным условием сделки является продажа этих машин через несколько лет эксплуатации на вторичные рынки России¹².

Еще одним интересным новшеством на рынке стал тягач Iveco Stralis NP (LNG), продажи которого начались в июне 2016 г. Автомобиль укомплектован газовым двигателем мощностью 294 кВт, автоматической КПП и большой кабиной класса Hi-Way. Запас СПГ до 380 кг, автономия пробега до 1300 км. По неподтвержденным данным, дополнительная стоимость по сравнению с дизельным аналогом составляет 45...50 тыс. евро.



Газовый автомобиль скорой медицинской помощи

Датская компания Arriva с 2014 г. обеспечивает эксплуатацию газовых автобусов в шести муниципальных парках Дании. Сейчас таких автобусов 73.

Кроме вопросов использования природного газа в качестве моторного топлива для автомобильного транспорта на круглом столе также обсудили проблемы bunkеровки судов сжиженным природным газом. Сейчас рассматриваются возможности строительства бункеровочных мощностей в портах Хиртсхальса и Фредерисии.

Компания HMN организовала для участников круглого стола показ газовых автомобилей различных классов. Наиболее интересным экспонатом был автомобиль скорой медицинской помощи на базе Mercedes Sprinter 316 NGT.

Невольно вспомнилось выступление руководителя станции скорой помощи в Уфе во время автопробега «Голубой коридор – 2011: Урал – Центр». Он рассказывал о положительном опыте эксплуатации карет скорой помощи на КПП. Вот теперь и датчане, будучи крайне осторожными, если не сказать консервативными, по части введения новшеств в системе здравоохранения, подтвердили его правоту: газ можно

10 Gasdrevne køretøjer fra Iveco. Henning Nielsen, Produktchef - Lastbiler Iveco North Europe & Baltic. Round Table, Blue Corridor-2016, 06 June 2016, Copenhagen, Denmark

11 Mercedes-Benz Econic NGT. Christian Laustsen, Product Manager, Mercedes-Benz Danmark A/S. Round Table, Blue Corridor-2016, 06 June 2016, Copenhagen, Denmark

12 Activities to Develop Market for LNG as Motor Fuel. Detlef Wessling. Uniper, Germany. Blue Corridor – 2016

и нужно использовать на специальной технике, в том числе медицинской.

Пообедав и заправив автомобили биометаном, «газонавты» через знаменитый Эресуннский вантовый мост (общая протяженность без малого 8 км) перебрались на шведский берег.

Стокгольм, Швеция, 7 июня

Внешне мы не увидели большой разницы между Швецией и Данией. Однако по части развития газомоторного рынка Швеция очень сильно отличается от своего соседа. В стране насчитывается почти 50 тыс. газовых автомобилей, более 200 АГНКС различной производительности и конструкции. Потребление природного газа автотранспортом в 2015 г. превысило 140 млн м³.

И это при том, что топливный ценник в Швеции – заоблачный! КПП в объемном выражении стоит на 30 % больше, чем в Дании. По сравнению с Россией бензин в Швеции стоит в 2,8 раза дороже, дизельное топливо – в 2,9 раза, КПП – в 6 раз! На шоссе то и дело встречаются стандартные указатели на АГНКС. В России это пока роскошь, а не правило.

Шведы используют различные альтернативы нефтяным видам топлива: КПП, СПГ, биометан, электричество. В стране активно развиваются гибридные технологии для легковых и грузовых автомобилей.

Круглый стол в Стокгольме был проведен в Королевском музее Армии. В связи с началом каникул в школах и вузах на круглом столе присутствовало не очень много гостей. Зато это придало мероприятию более камерный, семейный характер.

Представитель компании Gazprom marketing & trading Татьяна Файзуллина рассказала о развитии мирового рынка СПГ и сегмента бункеровки. В частности, была проанализирована корреляция цен на нефть и судовое топливо.

Снижение цен на нефть влечет за собой сокращение ценового спреда при продаже газового топлива и интереса к нему. Тем не менее заказы на новые суда, работающие на СПГ, продолжают поступать; нормативная база совершенствуется, бункеровочная инфраструктура развивается.

Есть много положительных примеров. Финский паром Viking Grace, выполняющий перевозки по маршруту Стокгольм – Турку, бункеруется в Швеции, схема бункеровки «корабль – корабль».

С момента ввода парома в эксплуатацию выполнено 900 заправок без единого инцидента. На передачу 60 т СПГ требуется 1 час времени. Бункеровка осуществляется параллельно с высадкой/посадкой пассажиров (SIMOPS), зона безопасности во время бункеровки ограничена 25 м¹³. Во время плавания осмотреть емкости СПГ можно с открытой палубы на корме.

Европейская инфраструктура малотоннажного СПГ для заправки автотранспорта и бункеровки судов на Балтике хотя и получила определенное развитие, но пока далека от того, какой должна быть. Во многих странах она находится в зачаточной фазе.



Один из указателей на газовую заправку

13 LNG as a Bunker Fuel of Choice – Regulation and LNG Infrastructure Development. Alexandra Bakosch, Project Manager, SSPA Sweden AB.Round Table, Blue Corridor-2016, 07 June 2016, Stockholm, Sweden



На корме парома Viking Grace установлены две емкости для СПГ, запаса которого хватает на полный оборотный рейс

Представитель Fluxys рассказал о терминале в Зебрюгге и планах компании в области малотоннажного СПГ. В этой связи следует напомнить о том, что в марте 2016 г. Газпром и компания Fluxys подписали рамочное соглашение о развитии сотрудничества в области малотоннажного СПГ на европейском рынке. Компании намерены осуществлять совместные проекты по строительству и эксплуатации приемных терминалов, КриоАЗС и пунктов бункеровки¹⁴.

8 июня участники автопробега «Голубой коридор – 2016: Янтарный путь» погрузились на газовый паром Viking Grace, о котором уже говорилось ранее, и пошли в Турку (Финляндия).

Завершая рассказ о шведском этапе автопробега, следует отметить, что практически все автобусы, которые мы видели на улицах Стокгольма, и многие такси используют в качестве топлива сжатый биометан.

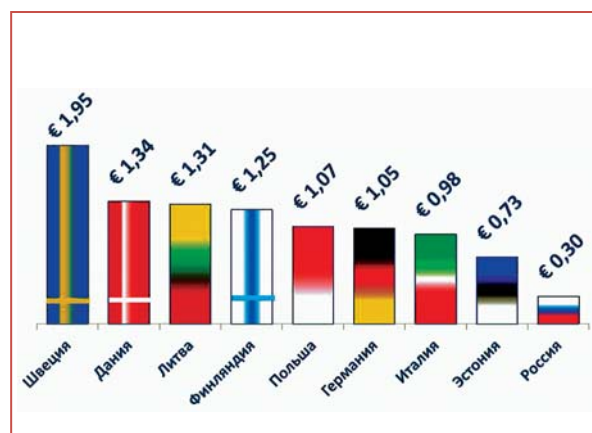
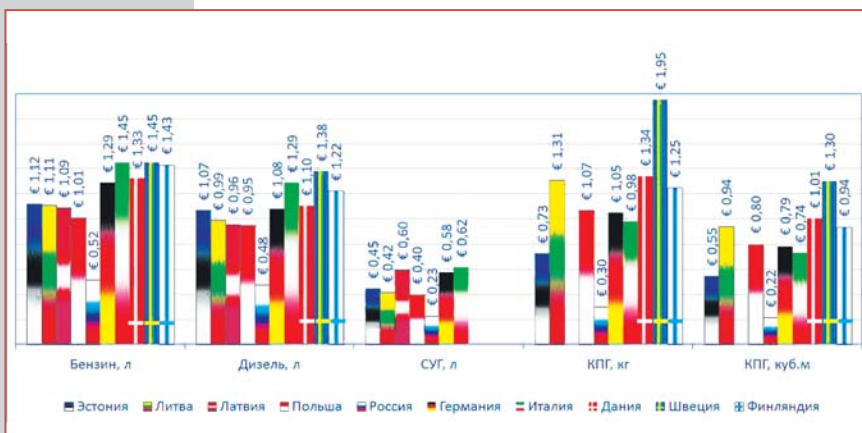
Стокгольм, Швеция, 8 июня – Ваалимаа, Финляндия, 9 июня

После неумолимого перехода на пароме из Стокгольма и высадки в Турку участники автопробега направились на восток.

Разница цен здесь на газ и традиционные виды нефтяного топлива существенна: она достигает 35 % и может являться сильным мотивом для перехода на газ. Парк газовых машин Финляндии оценивается примерно в 1800 ед., сеть АГНКС насчитывает 26 станций, а спрос на КПГ в 2015 г. превысил 5 млн м³.

По тоннелям и дорогам, прорубленным в скалах, наша газовая техника направилась в Россию, завершив таким образом десятый юбилейный пробег газовых автомобилей «Голубой коридор – 2016: Янтарный путь».

**Сводные данные по ценам моторного топлива в странах,
по которым проходил маршрут автопробега «Голубой коридор–2016»**
Цены на АЗС Цены на АГНКС



¹⁴ <http://www.fluxys.com/>

Abstracts of articles

P. 12

*Development of CNG filling station**Part 3. Cyber pipe*

Yaroslav Evdokimov, Evgeniy Lavrov

The method and especially the delivery of gas to CNG filling stations by mobile gas filling stations are described in the article. The structure of the so-called «cyber pipe», which allows fueling of a vehicle in remote area from the gas supply network, is described. Economic factors that influence the effectiveness of this method of gas transportation are shown.

Keywords: CNG Filling Station, compressed natural gas, mobile gas filling station (MGFS).

P. 23

Influence of idle running of city gas buses on industrial activity indicators

Andrey Evstifeev, Alexey Ermolaev

The effect of changes in a number of key indicators of production and economic activities of motor transport enterprise, engaged in passenger transport for the entire life cycle of the vehicle (bus) is studied in this paper. The study shows the impact of the initial cost of the vehicle, the range of idle running, cost of diesel and gas engine fuels on the effectiveness of the buses to compressed natural gas in the performance of urban passenger transport on a regular basis of the state municipal enterprises and commercial carriers. The analysis of the economic policies of companies, vehicle manufacturers, degree of interest in the development of a market niche for the production of passenger buses to CNG is carried out.

Keywords: idle running of gas buses; profitability of urban passenger transport; depreciation of vehicles; infrastructure of maintenance and the gas filling.

References

1. Evstifeev A.A., Zaeva M.A., Khetagurov J.A. Methods and tools for optimizing the placement of objects in production and distribution infrastructure. Scientific session MEPhI-2015. Abstracts: in 3 volumes. Editor in chief. Golotyuk H.E. – M.: Publishing House MEPhI, 2015. – P. 74.
2. Lyugai S.V., Evstifeev A.A., Timofeev V.V., Balashov M.L., Drygina Y.N. Comparison of economic indicators with liquid motor and gas engine fuels // *Alternative Fuel Transport*. – 2013. – № 5 (35). – P. 14-19.
3. Evstifeev A.A., Shuvalov B.V., Khachaturov E.G. Monitoring objects and modeling process in the decision support system for the development of a network of cryogenic gas stations. Scientific session MEPhI-2015. Abstracts: in 3 volumes. Editor in chief. Golotyuk H.E. – M.: Publishing House MEPhI, 2015. – P. 78a.
4. Popov M.A., Egorov A.N., Evstifeev A.A. Modelling and optimization of locations for facilities of gas refueling vehicles. Scientific session MEPhI-2015. Abstracts: in 3 volumes. Editor in chief Golotyuk H.E. – M.: Publishing House MEPhI, 2015. – P. 97a.
5. Evstifeev A.A., Drygina Y.N., Ermolaev A.E. Modelling and optimization of the development process, production and sales network of gas filling stations // *Gas industry*. – 2015. – № S3 (728). – P. 30-33.
6. Evstifeev A.A. A mathematical model for determining the number and performance of dispensers at CNG stations // *Gas industry*. – 2015. – № 8 (726). – P. 95-97.
7. Evstifeev A.A. Placement of the gas infrastructure charging transport // *Alternative Fuel Transport*. – 2015. – № 6 (48). – P. 26-39.
8. Evstifeev A.A. Analysis of the efficiency of the production process at the CNG stations // *Alternative Fuel Transport*. – 2015. – № 5. – P. 27-33.
9. Evstifeev A.A. The method of forming the adequate value of the gas motor fuel // *Alternative Fuel Transport*. – 2015. – № 2 (44). – P. 41-46.
10. Evstifeev A.A., Shuvalov B.V., Khachaturov E.G. Monitoring and modeling of objects in the process of decision-making support system for the development of a network of cryogenic gas stations // *Bulletin of the National Research Nuclear University MEPhI*. – 2015. – № 5. – Vol. 4. – P. 458-463.
11. Evstifeev A.A., Zaeva M.A., Krasnikova S., Shuvalov V. Multi-criteria equipment control in complex engineering systems // *Asian Journal of Applied Sciences*. – 2015. – № 1. – T. 8. – P. 86-91.
12. Evstifeev A.A. Provision of municipal bus fleets metropolis gas motor fuel // *Gas industry*. – 2014. – № 2 (702). – P. 86-89.
13. Evstifeev A.A. Methodology of management of construction and the continuous improvement of the regional network of CNG stations // *Alternative Fuel Transport*. – 2014. – № 3 (39). – P. 53-60.

P. 35

The use of natural gas in a diesel engine with turbocharging

Vitaly Likhhanov, Oleg Lopatin

The results of experimental studies conducted on the basis of the research laboratory of the Department of heat engines, trucks and tractors of the Vyatka State Agricultural Academy to improve the efficiency and environmental performance of diesel 4CHN 11.0 / 12.5 by the use of compressed natural gas (CNG) are presented in the paper.

Keywords: diesel, compressed natural gas, turbocharging, efficient performance, toxicity, waste gases.

References

1. Rossokhin A.V. Improving the environmental performance of diesel 4CHN 11.0 / 12.5 when running on natural gas by lowering the opacity of the exhaust gases / Abstract of dissertation for the degree for PhD / St. Petersburg State Agrarian University. St. Petersburg, 2006.
2. Likhhanov V.A., Lopatin O.P. Investigation of combustion process parameters in the application of a tractor diesel and natural gas recirculation methanol and ethanol-fuel emulsions // *Tractors and farm machinery*. – 2015. – № 9. – P. 3-5.
3. Lopatin O.P. Influence of the degree of recycling on the characteristics of the tractor gas diesel combustion process // *The young scientist*. – 2015. – № 14. – P. 166-168.
4. Lopatin O.P. The chemistry of the formation of nitrogen oxides in the cylinder gas diesel // *Modern science: current problems and solutions*. – 2015. – № 3 (16). – P. 28-30.
5. Lopatin O.P. Development of the program for the use of equipment for testing gas diesel engines // *Young scientist*. – 2015. – № 12 (92). – P. 229-232.

6. Lopatin O.P. Influence of the degree of exhaust gas recirculation in the efficient and environmental performance of diesel // Scientific Herald of the Volga. – 2015. – № 5-1 (45). – P. 90-92.
7. Lopatin O.P. Investigation of test performance when working with gas diesel EGR // Young scientist. – 2015. – № 10 (90). – P. 253-255.
8. Lopatin O.P. Improving the environmental performance of a tractor diesel engine by the use of natural gas and recycling. Edited volume of the Eighteenth international scientific-practical conference «Innovative development of agribusiness trends and improve the competitiveness of enterprises, industries and complexes – the contribution of young scientists». Yaroslavl State Agricultural Academy. – Yaroslavl, 2015. – P. 30-34.
9. Lopatin O.P. A study of high-speed gas diesel mode when working with recycling // Young scientist. – 2015. – № 11. – P. 379-383.
10. Lopatin O.P. Results indexing workflow gas diesel engine at maximum torque // Modern science: current problems and solutions. – 2015. – № 5 (18). – P. 8-9.
11. Lopatin O.P. The impact of adoption of natural gas in the combustion process indicators and content of nitrogen oxides in diesel cylinder turbocharged // Young scientist. – 2015. – № 13. – P. 139-141.
12. Likhhanov V.A., Lopatin O.P. Improving the environmental performance of a diesel engine when operating on natural gas recirculation // Engineering magazine: Science and Innovation. – 2016. – № 4 (52). – P. 9.

P. 44

Fuel cells with solid polymer electrolyte

Sergei Kozlov, Vladimir Fateev

This article describes the fuel cell with a solid polymer electrolyte, which are used for transport, the backup system (emergency) power supply, the autonomous combined heat & power supply buildings, structures. In particular, hydrogen fuel cell with TPE element is described. We give a diagram of a fuel cell with TPE element. Also, the problems that arise when using a fuel cell of a solid polymer electrolyte are studied.

Keywords: fuel cells, solid polymer electrolyte, catalytor.

References

1. <http://www.ballard.com>
2. <http://articles.excelion.ru>
3. Sukhotin A.M. Handbook of electrochemistry. – M.: Chemistry, 1981. – 486 p.
4. www.plugpower.com
5. Asahi Glass demos high-temperature, fluorine-based membrane // Fuel Cells Bulletin. – 2004. – November. – P. 2.
6. Smitha B., Sridhar S., Khan A.A. Synthesis and characterization of proton conducting polymer membranes for fuel cells // Journal of Membrane Science. – 2003. – No. 225. – P. 63-76.
7. Chen S.-L., Krishnan L., Srinivasana S., Benziger J., Bocarsly A.B. Ion exchange resin/polystyrene sulfonate composite membranes for PEM fuel cells // Journal of Membrane Science. – 2004. – No. 243. – P. 327-333.
8. Ralph T.R. Proton exchange membrane fuel cells. Progress in cost reduction of the key components // Platinum Metals Review. – 1997. – Vol. 41. – No. 3. – P. 102-113.
9. Ishisaki T., Umemura K., Yanagisawa E., Kunisa Y., Terada I., Yoshitake M. Flemion[®] membranes for PEMFCs: Abstracts of the «2000 Fuel Cell Seminar». – Portland, 2000. – P. 23-26
10. Wakizoe M., Velev O.A., Srinivasan S. Analysis of proton exchange membrane fuel cell performance with alternate membranes // Electrochim. Acta. – 1995. – Vol. 40. – No. 3. – P. 335-344.
11. Hamrock S. The Development of New PEM Fuel Cell Membranes at 3M, Golden Gate Polymer Forum, 25th Anniversary Symposium, Oct. 23, 2005, San Francisco, CA.
12. www.plastpolymer.com
13. Fluorines. Catalog. Ed. SA Bykhov. – M.: NIITEKHIM, 1983.
14. Tarasevich M.R., Orlov S.B., Shkolnikov E.I. et al. Electrochemistry polymers. – M.: Nauka, 1990. – 238 p. – ISBN 5-02-001452-4.
15. Springer T.E., Zavodzinski T.A., Gottesfeld S. Polymer electrolyte fuel cell model // J. Electrochem. Soc. – 1991. – Vol. 138. – No. 8. – P. 2334-2342.
16. Watanabe M., Uchida H., Emori M. // J. Electrochem. Soc. – 1998. – No. 145. – P. 1137.
17. Watanabe M., Satoh Y., Shimura C. // J. Electrochem. Soc. – 1998. – No. 145. – P. 1137.
18. PCT / EP 95 / 03907, WO 96 1 3073 A 1, Germany
19. Fateev V.N., Lyutikova E.K., Amadelli R. The oxidation of CO on platinum included in the composite electrodes based on a solid polymer electrolyte // Electrochemistry. – 1999. – V. 35. – № 12. – P. 196.
20. Passalacqua E., Lufrano F., Squadrito G., Patti A., Giorgi L. Nafion content in the catalyst layer of polymer electrolyte fuel cells: effects on structure and performance // Electrochimica Acta. – 2001. – No. 46. – P. 799-805.
21. Tarasevich M.R., Bogdanovskaya V.A. Selective nanoscale non-platinum electrocatalysts for oxygen reduction / Modern problems of physical chemistry: scientific. ed. / Inst Phys. Chemistry. – M.: Publishing House «Granitsa», 2005. – P. 378-389.
22. Karyakin A.A., Morozov S.V., Voronin O.G., Zorin N.A., Karyakina E.E., Fateev V.N. S. Cosnier «The Limiting Performance Characteristics in Bioelectrocatalysis of Hydrogenase Enzymes» Angew // Chem. Int. Ed. – 2007. – No. 46. – P. 7244 -7246.
23. Cohen R. Gemini fuel cell system: Proc. of the 23th Power Sources Conference. – Red Bank, 1969. – P. 21-24.
24. Gamburzev S., Appleby A.J. // Journal of Power Sources. – 2002. – No. 107. – P. 5-12.
25. Watanabe M., Uchida H., Emori M. Polymer electrolyte membranes incorporated with nanometer-size particles of Pt and/or metal-oxides: Experimental analysis of the self-humidification and suppression of gas-crossover in fuel cells / J. Phys. Chem. – 1998. – No. 102. – P. 3129-3137.
26. Loffler M.S., Natter H., Hempelmann R., Wippermann K. Preparation and characterization of Pt-Ru model electrodes for the direct methanol fuel cell // Electrochimica Acta. – 2003. – No. 48. – P. 3047-3051.
27. Grigoriev S.A., Kalinnikov A.A., Fateev V.N., Wragg A.A. Numerical optimization of bipolar plates and gas diffusion layers for PEM fuel cells // Journal of Applied Electrochemistry. – 2006. – Vol. 36. – No. 9. – P. 991-998.
28. Escobedo G. V.B.3 Enabling Commercial PEM Fuel Cells with Breakthrough Lifetime Improvements / FY 2006 Annual Progress Report.
29. Masyc G.A., Prokhorov M.J. Hydrogen Energy and Fuel Cells // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2004. – V. 74. – № 7. – P. 579-597.

Авторы статей в журнале № 4 (52) 2016 г.

Евдокимов Ярослав Андреевич,
научный сотрудник
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»,
р.т. (812) 648-24-60, доб. 133

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

Ермолаев Алексей Енальевич,
зам. начальника лаборатории
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
р.т. (498) 657-42-05

Козлов Сергей Иванович,
доктор технических наук,
тел. 8 495 719 60 88; д.т. (499) 128-59-51,
e-mail: si.kozlov2008@gmail.com

Лавров Евгений Павлович,
начальник проектного отдела
НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»,
р.т. (812) 648-24-60, доб. 121

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»,
служебный адрес: 610017, г. Киров,
Октябрьский проспект, 133, кафедра ДВС,
р.т. 8 (8332) 37-57-28, м.т. 912 361-77-55,
e-mail: nirs_vsaa@mail.ru

Пронин Евгений Николаевич,
начальник отдела ООО «Газпром экспорт»,
руководитель РК5 Международного газового
союза, тел.: (812) 646-16-54,
e-mail: e.pronin@mail.ru

Фатеев Владимир Николаевич,
заместитель директора
Центра физико-химических технологий
НИЦ «Курчатовский институт», профессор,
д.х.н.,
e-mail: Fateev_VN@nrcki.ru

Contributors to journal issue No 4 (52) 2016

Ermolaev Alexey,
deputy head of laboratory
«Gazprom VNIIGAZ» LLC,
phone: + 7 (498) 657-42-05

Evdokimov Yaroslav,
research associate Scientific-Industrial
Corporation «LENPROMAVTOMATIKA»,
e-mail: evdokimov@lenprom.spb.ru

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

Fateev Vladimir,
RRC «Kurchatov Institute» Professor,
Deputy Director,
tel. 499 196 94 29,
e-mail: fat@hepti.kiae.ru

Kozlov Sergey,
doctor of technical sciences,
tel. + 7 (499) 128-59-51,
e-mail: si.kozlov2008@gmail.com

Lavrov Evgeniy,
head of engineering department
Scientific-Industrial Corporation
«LENPROMAVTOMATIKA»,
phone: + 7 (812 648-24-60), plus 121

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

Pronin Eugene,
head of department,
Gazprom Export, IGU WOC5 Chairman,
phone: + 7 (812) 646-16-54,
e-mail: e.pronin@mail.ru

Подписка – 2016

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 142717, Московская обл., Ленинский р-н., п. Развилка, а/я 253
Тел.: +7 (498) 657 29 77, e-mail: transport.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru
www.ngvrus.ru

80

Уважаемые читатели! Продолжается подписка на 2016 г.

Подписчики	Годовая, 6 номеров	I полугодие, 3 номера
Россия	6 000 руб.	3 000 руб.
Страны СНГ	6 000 руб.	3 000 руб.
Страны дальнего зарубежья	190 евро	120 евро

Отдельные экземпляры журнала (1 000 руб) можно приобрести в редакции.

Электронная версия журнала (формат PDF, 6 номеров):

- для РФ и стран СНГ – 3 000 руб.
- для стран дальнего зарубежья – 100 евро.

Подписку на 2016 г. можно оформить по факсу, электронной почте или непосредственно в редакции; также через агентства «Роспечать» (подписной индекс 72149).

Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210 × 290 мм)	35 400	900	770
½ страницы (125 × 176 мм)	17 700	550	480
¼ страницы (70 × 176 мм)	11 800	300	260
Презентация (1 стр.)	11 800	300	260
Специальный раздел (1 стр.)	5 900	—	—
На обложке			
1-я страница (150 × 210 мм)	41 300	1000	860
2-я или 3-я страницы (290 × 210 мм)	35 400	900	770
4-я страница (290 × 210 мм)	39 000	950	820

Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы eps, tiff, jpeg, pdf.

Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.