



# ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



№ 5 (71) 2019



ГОЛУБОЙ КОРИДОР  
ГАЗ В МОТОРЫ  
2019 29.08 - 03.10



Использование водорода: сегодня и завтра

Экономическая эффективность ПАГЗ

Регазификация СПГ

## В НОМЕРЕ



Члены Ассоциации организаций  
в области газомоторного топлива  
«Национальная газомоторная ассоциация» ..... 3

«Газпром газомоторное топливо»,  
«Газпромнефть Марин Бункер»  
и ОСК договорились  
о стратегическом партнёрстве ..... 8

Экономия за счёт перевода  
автотранспорта на природный газ ..... 9

Метан на службе у Почты России ..... 10

Новые автобусы на природном газе ..... 10

Соревнуются мусоровозы ..... 11

Будущее водорода  
Использование возможностей  
сегодняшнего дня. .... 12

**Пронин Е.Н.**  
Электрошок или метановая диета? ..... 32

Обзор российских СМИ. .... 33

Обзор международного  
рынка GMT. .... 38

**Зинин В.Л., Косарев А.Ю.,  
Исмаилов Т.И.**  
Определение граничных условий  
экономической эффективности  
эксплуатации ПАГЗ. .... 45

**Сафаров А.Э.**  
Регазификация СПГ ..... 52

**Евстифеев А.А.**  
Нормы надёжности  
газобаллонного оборудования  
транспортных средств ..... 58

**Миров Б.К., Панов Ю.В.,  
Зенченко В.А., Бушуев П.В.**  
Факторы, влияющие на сложность  
маршрута движения легкового автомобиля,  
использующего в качестве топлива СУГ  
в горных условиях эксплуатации. .... 67

АВТОВАЗ представил  
спецверсии трёх моделей Lada ..... 77

Abstracts of articles ..... 78

Авторы статей в журнале № 5 (71) 2019 г. .... 80



**Founder and Publisher**

Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle  
Association (NGVA).

**Published**

6 issues a year

**Editor-in-Chief**

**Ishkov, A.G.**

*Deputy Director of the Department,  
Head of the Department, PJSC GAZPROM, Doctor of Chemistry*

**Editorial board members**

**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.**

*Professor of the Moscow Polytech, Doctor of Engineering*

**Fateev, V.N.**

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

**Gorbachev, S.P.**

*Professor, Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering*

**Grachev, V.A.**

*Head of Departments, RUDN University,  
Doctor of Engineering Sciences*

**Kavtaradze, R.Z.**

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

**Khakhalkin, V.S.**

*Chief technology officer,  
deputy director general LLC «Gazprom Gas-Engine Fuel»*

**Kozlov, S.I.**

*Doctor of Engineering*

**Markov, V.A.**

*Professor of N.E. Bauman's MG TU,*

*Doctor of Engineering*

**Miklushevsky, V.V.**

*Rector of the Moscow Polytech, Professor,  
Doctor of Science*

**Morgunov, B.A.**

*Director, Institute of Ecology,  
National Research University Higher School of Economics,  
Doctor of Geographic Sciences*

**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.**

*Coordinator of the «Blue Corridor» project*

**Rybalsky, N.G.**

*Professor, Moscow State University M.V. Lomonosov,  
Doctor of Sciences*

**Yarygin, G.A.**

*Professor, Institute of Fine Chemical Technologies  
named M.V. Lomonosov, Doctor of Engineering Sciences*

**Zinin, V.L.**

*Head of Division Gazprom PJSC,  
Director, NGVA, Candidate of Economic Sciences,  
deputy chief editor*

**Editor**

**Ershova, O.A.**

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Phone.: +7 (495) 641 05 88

**Subscription and Distribution Department**

E-mail: a.tavdidishvili@ngvrus.ru

www.ngvrus.ru

**Translation by**

**Khlystova, A.I.**

**Computer imposition**

**Sherstyuk, I.V.**

Order number

Passed for press on 15.08.2019

Endorsed to be printed on 15.09.2019

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

|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Members of National<br>gas vehicle association in 2019 .....                                                                                                                                           | 3  |
| Gazprom Gas-engine fuel,<br>Gazprom Neft Marine Bunker<br>and United Shipbuilding Corporation agreed<br>on strategic partnership .....                                                                 | 8  |
| Methane in the service of the Russian Post .....                                                                                                                                                       | 10 |
| New Natural Gas Buses .....                                                                                                                                                                            | 10 |
| Garbage trucks competition .....                                                                                                                                                                       | 11 |
| Future of hydrogen<br><i>Harnessing the potential of today</i> .....                                                                                                                                   | 12 |
| <b>Evgeny Pronin</b><br>Electroshock or methane diet? .....                                                                                                                                            | 32 |
| Review of Russian media publications .....                                                                                                                                                             | 33 |
| Review of the International<br>NGV Fuel Market. ....                                                                                                                                                   | 38 |
| <b>Zinin Vasily, Kosarev Alexey,<br/>Ismailov Timur</b><br>Economic efficiency boundary<br>conditions calculation for mobile<br>gas filling station operation. ....                                    | 45 |
| <b>Anatoly Safarov</b><br>LNG regasification .....                                                                                                                                                     | 52 |
| <b>Andrey Evstifeev</b><br>Reliability standards<br>for natural gas equipment vehicle .....                                                                                                            | 58 |
| <b>Behruz Mirov (Tajikistan),<br/>Yuri Panov, Valery Zenchenko,<br/>Pavel Bushuev</b><br>Factors affecting the complexity<br>of the route of a car using LPG<br>as a fuel in mountain conditions ..... | 67 |
| AvtoVAZ presented<br>new versions of Lada .....                                                                                                                                                        | 77 |
| Abstracts of articles .....                                                                                                                                                                            | 78 |
| Contributors to journal issue № 5 (71) 2019 г. ....                                                                                                                                                    | 80 |

# Члены Ассоциации организаций в области газомоторного топлива «Национальная газомоторная ассоциация» 2019 год



**ООО «Автомобильный завод «ГАЗ»**  
 Ведущий производитель коммерческого транспорта в России. Выпускает лёгкие и среднетоннажные коммерческие автомобили для малого и среднего бизнеса, различных отраслей промышленности, коммунального хозяйства, сельхозпредприятий, медицинских и школьных учреждений в РФ и за рубежом. Занимает лидирующие позиции на рынке РФ: свыше 50% в сегменте лёгких коммерческих автомобилей, около 70% – в сегменте среднетоннажных грузовиков. Единственный среди производителей комплектует свои автомобили четырьмя типами двигателей: дизельными, бензиновыми, газовыми и битопливными (газ+бензин). Обладает широкой дилерской сетью: более 220 центров продаж и 1650 фирменных магазинов запчастей. Основные модели выпускаемой техники: «ГАЗель NEXT», «ГАЗон NEXT», «ГАЗель БИЗНЕС», «Соболь БИЗНЕС», «Садко».



**АО «Агентство Прямых Инвестиций»**  
 Независимая российская инвестиционно-консалтинговая компания.



**ООО «АК-БУР СЕРВИС»**  
 Транспортные услуги на месторождениях в районах Крайнего Севера.



**ООО «АТС-сервис»**  
 Производство и переоборудование автотранспорта на КПГ, производство ПАГЗ, поставка технологического оборудования для АГНКС.



**ЗАО «БАРРЕНС»**  
 Проектирование АГНКС, производство и поставка оборудования для АГНКС, ПАГЗ, МКПГ и их комплектующих.



**ООО «Бауэр Компрессоры»**  
 Производство компрессоров, комплектных АГНКС.



**ООО «БелТракСервис»**  
 Технический центр по ремонту, обслуживанию и продаже газомоторной техники. Продажа запасных частей и комплектующих.



**ООО «Брянск-Автогаз»**  
 Торгово-производственная компания.

**ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус»**  
 Ведущий европейский производитель баллонов, АГНКС, ПАГЗ, аккумуляторов газа, оборудования для добычи, транспортировки, хранения и переработки газа. Переоборудование транспорта на КПГ (железнодорожного, морского, автомобильного).



**АО «ВНИКИ»**  
 Проведение фундаментальных и прикладных исследований в области железнодорожного транспорта. Разработка локомотивов, работающих на СПГ.



**ООО «Газкомплект»**  
 Полный спектр услуг в области производства газовых автомобилей и переоборудования транспорта на газовое топливо.



**ООО «Газпарт 95»**  
 Продажа газобаллонного оборудования для ТС.



**ПАО «Газпром автоматизация»**  
 НИОКР, проектирование, осуществление полного цикла работ по строительству и реконструкции АГНКС.



**ООО «Газпром газомоторное топливо»**  
 Создание инфраструктуры для развития рынка газомоторного топлива в РФ: строительство АГНКС, КриоАЗС, КСПГ и прочих инфраструктурных объектов.



**ООО «Газпром добыча Иркутск»**  
 Разработка месторождений углеводородного сырья, строительство и эксплуатация газоконденсатных скважин, добыча и подготовка газа, переработка газового конденсата, реализация жидких углеводородов и природного газа, организация и осуществление надежного и безаварийного газоснабжения газифицированных объектов, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, инвестиционная деятельность.



**ООО «Газпром добыча Краснодар»**  
 Разработка месторождений углеводородного сырья, строительство и эксплуатация газоконденсатных скважин, добыча и подготовка газа, переработка газового конденсата, реализация жидких углеводородов и природного газа, организация и осуществление надежного и безаварийного газоснабжения газифицированных объектов, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, инвестиционная деятельность.



**ООО «Газпром добыча Надым»**  
 Разработка месторождений углеводородного сырья, строительство и эксплуатация газоконденсатных скважин, добыча и подготовка газа, переработка газового конденсата, реализация жидких углеводородов и природного газа, организация и осуществление надежного и безаварийного газоснабжения газифицированных объектов, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, инвестиционная деятельность.



**ООО «Газпром добыча Уренгой»**  
 Разработка месторождений углеводородного сырья, строительство и эксплуатация газоконденсатных скважин, добыча и подготовка газа, переработка газового конденсата, реализация жидких углеводородов и природного газа, организация и осуществление надежного и безаварийного газоснабжения газифицированных объектов, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, инвестиционная деятельность.

## Члены Ассоциации



### ООО «Газпром добыча Ямбург»

Разработка месторождений углеводородного сырья, строительство и эксплуатация газоконденсатных скважин, добыча и подготовка газа, переработка газового конденсата, реализация жидких углеводородов и природного газа, организация и осуществление надежного и безаварийного газоснабжения газифицированных объектов, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа, инвестиционная деятельность.



### ООО «Газпром межрегионгаз Иваново»

Реализация природного газа всем категориям потребителей Иваново и Ивановской области.



### ООО «Газпром межрегионгаз Москва»

Реализация природного газа всем категориям потребителей Москвы и Московской области.



### ООО «Газпром межрегионгаз Пермь»

Реализация природного газа всем категориям потребителей Пермского края.



### ООО «Газпром межрегионгаз Самара»

Реализация природного газа всем категориям потребителей Самарской области.



### АО «Газпром оргэнергогаз»

Диагностика и обслуживание оборудования, газопроводов, АГНКС.



### ООО «Газпром переработка»

Подготовка и переработка газа, газового конденсата и нефти, а также магистральный транспорт углеводородов.



### ООО «Газпром ПХГ»

Компания объединяет в своей структуре подземные хранилища газа, расположенные на территории РФ. В настоящее время компания эксплуатирует 22 хранилища, созданных в 26 геологических структурах (17 – в истощенных газовых месторождениях, 8 – в водоносных структурах, 1 – в отложениях каменной соли). Эксплуатационный фонд скважин ПХГ – 2 685.



### ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

Реализация КПП, переоборудование транспортных средств на газомоторное топливо.



### ООО «Газпром трансгаз Волгоград»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Казань»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Краснодар»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Махачкала»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Москва»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Самара»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Сургут»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Томск»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Уфа»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



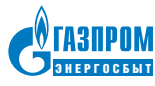
### ООО «Газпром трансгаз Чайковский»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром энерго»

Оказание услуг по распределению и передаче электрической энергии; оказание услуг по производству, распределению и передаче тепловой энергии; оказание услуг водоснабжения (добыча/забор, очистка, передача и распределение питьевой, фильтрованной, технической и речной воды) и водоотведения (удаление, утилизация и обработка сточных вод, других бытовых и производственных отходов); создание и эксплуатация единой многоуровневой автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ).



### АО «Газпром энергосбыт»

Один из крупнейших энерготрейдеров России. Основной задачей компании является оптимизация сбыта электроэнергии предприятиям группы «Газпром». Сегодня более 500 крупных и средних потребителей электроэнергии в 32 субъектах РФ являются абонентами компании.



### ООО «Газпромнефть Марин Бункер»

Дочернее предприятие «Газпром нефти», созданное в 2007 году для организации круглогодичных поставок судовых топлив и масел для морского и речного транспорта.



#### АО УК ГазСервисКомпозит

Производство и продажа полимерно-композитных баллонов низкого и высокого давления, производство и сервисное обслуживание комплексов по хранению и транспортировке сжиженного природного газа, инженеринговые услуги в сфере газовых технологий, промышленные услуги в сфере газовых технологий.



#### ООО «ГЕОКАД ИНЖИНИРИНГ»

- Оформление прав на земельные участки под строительство и эксплуатацию объектов газотранспортной инфраструктуры, получение ТУ и ИРД;
- Выполнение проектно-изыскательских работ;
- Предоставление инженеринговых услуг;
- Реализация газомоторных проектов «под ключ».



#### ООО «ГК АГРО-БЕЛОГОРЬЕ»

Вертикально интегрированная кластерная структура сельскохозяйственных предприятий, основанная в 2007 году в Белгородской области. Промышленное свиноводство и мясопереработка, молочное животноводство, растениеводство и кормопроизводство.



#### ООО «ДЖИ-ДЖИ СОЛЮШНС»

Разработчик и производитель оборудования современных стационарных и мобильных автомобильных газонаполнительных станций АГНКС и ПАГЗ, включая системы автоматизированного управления, радиоэлектронные и коммуникационные устройства, стационарные и мобильные автомобильные газовые заправочные колонки, системы управления газовыми компрессорами высокого давления, автоматику и программное обеспечение для АГНКС и ПАГЗ.



#### ООО «Ивеко Россия»

Официальный представитель компании IVECO в России. Компания работает в России начиная с 1974 года. В настоящий момент представляет три бренда: IVECO, IVECO Bus, IVECO Astra. Производство грузовых автомобилей и автобусов.



#### ООО ИК «ПромТехСервис»

Проектирование, строительство, реконструкция, перевооружение, и обслуживание АЗС, МАЗС и АГНКС, а также комплексная поставка оборудования и запасных частей для данных объектов.



#### ООО «ИЛ-16»

Техническая экспертиза транспортных средств в случае внесения изменений в их конструкцию, согласно требований ТР ТС 018/2011; Техническая экспертиза при установке газобаллонного оборудования.



#### ООО «Интехгаз»

Определение количественного и качественного состава газомоторного топлива, поставка газоспользующего и газобаллонного оборудования.



#### ООО «ИТЕКО Россия»

Междугородные и международные перевозки грузов автомобильным транспортом. Компания является таможенным представителем и оказывает комплексные экспортно-импортные услуги. Уставный капитал – 400 миллионов рублей. Собственный автопарк – 1200 автомобилей. Сторонний подвижной состав привлекается по договорам аренды. В постоянном управлении находятся 10000 единиц подвижного состава. Компания имеет филиалы в 60 крупных городах России и Казахстане, в штате 2500 работников.



#### ПАО «КАМАЗ»

Производство грузовой и специализированной автомобильной техники.



#### ООО «КИМАКО»

Дистрибуция промышленного оборудования, производимого в Южной Корее.



#### ООО «Кировский завод Газовые технологии»

Строительство АГНКС под ключ: строительно-монтажные работы, технический надзор; Проектирование: проектно-изыскательные работы, авторский надзор; Производство собственного оборудования: система автоматического управления АГНКС «САУ-КЗГТ», колонки газозаправочные «КЗГТ-КСМ» Шеф-монтаж и пуско-наладочные работы; Сервисное и послепродажное обслуживание, обучение; Поставка оборудования и запасных частей.



#### ООО «Компрессор газ»

Разработка и производство газового компрессорного оборудования.



#### ЗАО «Комптех»

АГНКС, компрессоры, системы хранения и распределения газа.



#### ООО «Корпорация Роснефтегаз»

Переработка газа в бензин, эксплуатация многотопливных АЗС, переоборудование АТС на газ.



#### ООО «Краснодарский компрессорный завод»

Производство компрессорного оборудования для АГНКС.



#### ООО «Криогазтех»

Проектно-строительная компания, специализирующаяся на реализации проектов в формате EPC, в том числе уникальных проектов топливно-энергетического сектора. От проектирования до ремонта и техобслуживания готового объекта.



#### ООО «КРИОСТАР РУС»

Производство высокотехнологичного криогенного оборудования: центробежных и поршневых насосов, турбодетандеров, турбокомпрессоров, турбогенераторов, заправочных станций, малотоннажных установок по производству СПГ.

## Члены Ассоциации

**LEVITEK**

**ЛЕГИОН**  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС



**MV&F**



**НОВАТЭК**  
АВТОЗАПРАВочные комплексы

**ГАЗПРОМ**  
НИИ ГАЗЭКОНОМИКА



**NOVOGAS**  
СООБЩЕСТВО КОМПЕТЕНТНЫХ ПРОФЕССИОНАЛОВ

**ЛПА**



**НПО ГЕЛИЙМАШ**  
ОТДЕЛЕНИЕ МАШИНОСТРОЕНИЯ

### ООО «ЛЕВИТЭК»

Поставка полного комплекта оборудования для АГНКС, насосно-компрессорного оборудования для предприятий нефтегазовой отрасли.

### ООО «Легион Эстейт»

Поставка нефти и нефтепродуктов; Оказание логистических услуг по перевозке стабильного газового конденсата, нефти и нефтепродуктов. Строительство АГНКС и КриоАЗС «под ключ», в том числе поставка технологического оборудования, проектные и строительно-монтажные работы.

### АО «МГПЗ»

Производство и реализация: криогенные продукты разделения воздуха – неон, гелий, аргон. Производство и реализация: газовые смеси, поверочные газовые смеси (ПГС-ГСО), технические газы, в том числе сварочные газы, сварочные смеси. Продажа пропана. Продажа: сжатый природный газ, продукты переработки нефти и газа, в том числе пропан (заправка пропаном), метан (заправка метаном).

### ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг»

Разработка, изготовление и поставка оборудования для применения КПП и СПГ, криогеники и технических газов. Оборудование предназначено для АНКС, КриоАЗС, КСПГ, промышленных предприятий, нефтегазовой промышленности, лабораторий, научных исследований.

### ООО «НОВАТЭК» - Автозаправочные комплексы

Создание инфраструктуры для развития рынка газомоторного топлива в РФ: строительство АГНКС, КриоАЗС, КСПГ и прочих инфраструктурных объектов.

### ООО «НИИгазэкономика»

Головной научный центр ПАО «Газпром» в области экономики, организации управления и прогнозирования развития отрасли, имеет 15 научных центров. Ведёт работы по следующим научным направлениям: стратегическое планирование и управление рисками; экономика отрасли; энергетические рынки, ценообразование и тарифная политика; инвестиции и финансы, нормативные исследования; корпоративное управление; информационные технологии.

### ООО «НИИ экологии НГП»

Решение производственных и научно-технических задач в области экологической безопасности, вредных воздействий на окружающую среду и развитие инфраструктуры и реализации газомоторного топлива (ГМТ).

### ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»

Производство газозапорной и газорегулирующей аппаратуры.

### ООО НПК «ЛенПромАвтоматика»

Капитальный ремонт и модернизация АГНКС. Автоматика для АГНКС. Проектирование и строительство полнокомплектных АГНКС.

### ООО «НПК «НТЛ»

Разработка, проектирование и производство наукоемкой продукции для предприятий газовой отрасли, в том числе комплексы малотоннажного производства СПГ.

### ОАО НПО «Гелиймаш»

Производство установок сжижения природного газа и водорода, производство криогенных топливных баков и систем.

**НХП**  
НЕФТЕХИМПРОЕКТ

**Реал-Шторм**

**НТА**  
ПРОМ

**ПЕРСПЕКТИВА**

**ПетроГазТех**

**ПАТИМ**

**ПСКОВТЕХГАЗ**

**РариТЭК**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

**РОСМЕТАН**

**РМ КПГ**

**РОСНЕФТЬ**

### ООО «НПО «НХП»

Инжиниринговая компания, предоставляющая услуги в нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности.

### ООО НПФ «Реал-Шторм»

Стальные барабаны, цистерны, газовые баллоны.

### ООО «НТА-Пром»

Поставка трубной арматуры малого диаметра.

### ООО «Перспектива»

Производство и освидетельствование газовых баллонов.

### ООО «ПетроГазТех»

Идентификация, разработка, внедрение и продвижение технологий в области разведки и добычи нефти и газа.

### ООО «Предприятие автомобильного транспорта и механизмов»

Кузовной и слесарный ремонт, услуги спецтехники, пассажирские перевозки. Компания является дочерним предприятием ООО «Газпром нефтехим Салават». Основной задачей является обслуживание транспортом крупного предприятия РФ и Республики Башкортостан - ОАО Салаватнефтеоргсинтез, а также оказание автотранспортных услуг и услуг по ремонту ТС юридическим и физическим лицам.

### ООО «ПРОМГАЗ-ТЕХНОЛОГИЙ»

Проектирование, производство и обслуживание оборудования для работы с СПГ и продуктами воздухоразделения. Выпускаемая продукция: криогенные поршневые насосы, мобильные и стационарные заправочные станции СПГ, азотные газификационные установки, испарители, запорная арматура.

### АО «РариТЭК Холдинг»

Производство, реализация и сервис автомобилей КАМАЗ, коммунальной техники, автобусов НЕФАЗ и Bravis с газовыми двигателями. Производство ПАГЗ. Обучение на право обслуживания и эксплуатации газомоторной техники.

### ООО «Региональная Газовая Компания»

Строительство и эксплуатация собственных АГНКС в составе МАЭК.

### ООО «РМ КПГ»

Производство высокотехнологичного оборудования АГНКС контейнерного и блочно-модульного типа, шеф-монтажные и пусконаладочные работы, гарантийное и пост гарантийное сервисное обслуживание оборудования.

### ООО «РН Газотопливная компания»

Создание инфраструктуры для развития рынка газомоторного топлива в РФ: строительство АГНКС, КриоАЗС, КСПГ и прочих инфраструктурных объектов. Реализация КПГ.



#### ООО «Салаватнефтемаш»

Ведущий производитель оборудования для нефтедобывающей, нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической и других отраслей промышленности, в т.ч. связанных с обращением, транспортированием, хранением жидких, газообразных веществ.



#### АО «Сбербанк Лизинг»

Лизинг: легкового, грузового, коммерческого автотранспорта; автобусов; воздушных, речных и морских судов; спецтехники, оборудования и недвижимости для малого, среднего и крупного бизнеса. Финансовый и возвратный лизинг.



#### ООО «СКАНИЯ-РУСЬ»

Эксклюзивный импортер и официальный дистрибьютор грузовой техники, автобусов и двигателей Scania в России.



#### ООО «СПГ Проект Инжиниринг»

Деятельность в области инженерных изысканий, инженерно-технического проектирования, управления проектами строительства, выполнения строительного контроля и авторского надзора, предоставление технических консультаций в этих областях.



#### ООО «Тахограф»

Продажа и обслуживание тахографов.



#### ООО «ТЕГАС»

Производство газоразделительного, компрессорного и холодильного оборудования.



#### ООО «ТЕГУСС»

Комплексные технологические решения в энергетике и нефтегазовой сфере. Проектирование, поставка и обслуживание стационарных и мобильных газозаправочных установок. Продажа автомобильной и специальной техники различного назначения.



#### ООО «ТЕГУСС КОМПЛЕКТ»

Проектирование, поставка и обслуживание стационарных и мобильных газозаправочных установок. Продажа автомобильной и специальной техники различного назначения.



#### ООО «Трансстрой»

Строительство, проектирование, газораспределение, эксплуатация объектов газоснабжения и газопотребления, обслуживание, консультирование в области промышленной безопасности, градостроительного законодательства, оформления линейных объектов. Лаборатория неразрушающего контроля. Строительство собственной АГНКС в составе МАЗК.



#### ООО «ТрансЭнергоСтройГрупп»

Ремонт машин и оборудования; техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Поставка автомобильных деталей, узлов и принадлежностей.



#### ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ»

Производство стали, товарного горячебрикетированного железа.



#### ООО «Флюид-Лайн»

Поставка трубной арматуры низкого и высокого давления диаметром до 50 мм.



#### ООО «Хэм-Лет»

Диагностика и обслуживание оборудования, газопроводов, АГНКС.



#### ООО «Челябинский компрессорный завод»

Крупнейший производитель винтовых компрессорных установок с приводом от электрического и дизельного двигателей.



#### ООО «Эйдос-Инновации»

Разработчик современных технологий для подготовки водительских кадров. Оператор инновационных автошкол ДОСААФ России. НИОКР, производство, внедрение. Резидент ИЦ Сколково.



#### ООО «ТК Экотранс»

Компания является крупнейшим предприятием Белгородской области по обращению с отходами. На ее долю приходится вывоз 58% и захоронение 45% ТКО по Белгородской области. Имеет автопарк на 314 единиц техники.



#### ООО «Эксайтон Групп»

Реализация и поставка газобаллонного оборудования.



#### Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.

Единый оператор проектов ПАО «Газпром» по поиску, разведке и разработке месторождений углеводородов за пределами Российской Федерации.



#### АО «Эр Ликвид Глобал Инд Си Солюшнс Франция»

Производство и поставка газов, технологий и услуг для промышленности и здравоохранения.



#### Представительство Юнипер Глобал Коммодитиз СЕ

Участие в нефтегазовых и энергетических проектах.



#### АО «Яндекс Такси»

Крупнейший сервис онлайн-заказа такси через мобильное приложение, веб-сайт или по телефону.



#### Fornovo Gas S.r.l.

Компания имеет 50-летний опыт работы с АГНКС и предлагает уникальные газомоторные решения: любые АГНКС на 100-500-1000-1500-2000 м³/час, дочерние дожимные компрессоры мощностью 22-55 кВт, метановые колонки, блоки аккумуляторов газа и т.д. Все модели могут быть оснащены системой oil free в соответствии со стандартом API618. Компания установила более 1200 компрессоров в 70 странах.



#### HYUNDAI MOTOR

Производство автомобилей. Компании принадлежит ряд автозаводов в Южной Корее, Турции, Северной Америке, Китае, Индии, Чехии, России и Бразилии.



#### KOA ENG CO., LTD

Инжиниринг и строительство АГНКС.



#### KwangShin Machine Industry Co., LTD

Производство поршневых компрессоров.



#### Servisarm

Предприятие образовано в 1997. За время работы компании было произведено более 20 тыс. шаровых кранов и другой запорной арматуры высокого давления, более 240 установок осушки природного газа, пять блочно-модульных АГНКС. В настоящее время компания специализируется на оборудовании для производства КПП и СПГ.



#### АО UNIDOM Co.,LTD

Инжиниринговые услуги, проектирование и поставка газового оборудования широкого спектра.



## «Газпром газомоторное топливо», «Газпромнефть Марин Бункер» и ОСК договорились о стратегическом партнёрстве

Во Владивостоке в рамках V Восточного экономического форума, который прошёл в сентябре, генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Олег Мелёхин, исполняющий обязанности генерального директора ООО «Газпромнефть Марин Бункер» Алексей Медведев и президент АО «Объединённая судостроительная корпорация» (АО «ОСК») Алексей Рахманов заключили Меморандум о сотрудничестве и стратегическом партнёрстве.

Документ подписан в присутствии председателя правления ПАО «Газпром» Алексея Миллера и председателя совета директоров АО «ОСК» Георгия Полтавченко. Меморандум предусматривает совместную работу по развитию применения сжиженного природного газа (СПГ) в качестве топлива для водного транспорта на территории России.

Стороны намерены сотрудничать в области разработки судов, использующих СПГ в качестве топлива, взаимодействия с судоходными компаниями — потенциальными потребителями, а также в области создания инфраструктуры бункеровки СПГ-судов и формирования актуальной нормативно-правовой базы для использования СПГ в качестве моторного топлива.

«Мы видим значительный потенциал применения СПГ в качестве топлива для морских и речных судов, это обусловлено его экономическими и экологическими преимуществами. Подписанный Меморандум позволит консолидировать усилия и опыт сторон в этом стратегически важном направлении», — сказал Олег Мелёхин.

### *Справка*

Производство и реализация природного газа (метана) в качестве моторного топлива — стратегическое направление деятельности ПАО «Газпром». Для системной работы по развитию рынка газомоторного топлива создана специализированная компания — ООО «Газпром газомоторное топливо».

«Объединённая судостроительная корпорация» — крупнейшая судостроительная компания России. В холдинг входит около 40 проектно-конструкторских бюро и специализированных научно-исследовательских центров, верфей, судоремонтных и машиностроительных предприятий, на базе которых консолидирована большая часть отечественного судостроительного комплекса.

«Газпромнефть Марин Бункер» — дочернее предприятие «Газпром нефти», созданное в 2007 году для круглогодичной реализации судовых топлив и масел для морского и речного транспорта. Компания является одним из крупнейших поставщиков нефтепродуктов в Северо-Западном регионе.

Управление информации ПАО «Газпром»

## Экономия за счёт перевода автотранспорта на природный газ

25 сентября состоялась рабочая поездка председателя совета директоров ПАО «Газпром» Виктора Зубкова в г. Нижний Новгород, где он провёл совещание по перспективам развития газомоторного рынка в стране.

В мероприятии приняли участие: полномочный представитель Президента РФ в Приволжском федеральном округе Игорь Комаров; заместитель председателя правления ПАО «Газпром» Виталий Маркелов; члены правления, начальники департаментов Владимир Марков и Вячеслав Михаленко; руководители подразделений компании и организаций Группы «Газпром»; представители Министерства энергетики РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства транспорта РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Государственной Думы РФ, органов власти Нижегородской области и других субъектов РФ, а также промышленных, транспортных, коммунальных и финансовых организаций.

На совещании было отмечено, что «Газпром» ведёт системную работу по расширению использования газа в качестве моторного топлива. Главная задача на данном этапе – сформировать и развить локальные рынки газомоторного топлива, которые в дальнейшем будут объединены газомоторными коридорами на ключевых федеральных трассах.

С 2015 по 2018 год «Газпром» построил 86 новых газозаправочных объектов (современные АГНКС и модули для заправки газом на действующих АЗС, а также площадки для размещения передвижных автогазозаправщиков). В 2019 году планируется завершить строительство 43 объектов.

Российские автопроизводители к настоящему времени наладили выпуск широкой линейки техники на природном газе – более 220 моделей. Это, в частности, пассажирский транспорт, грузовая и специальная техника.

«Газпром» переводит собственную технику на природный газ. С 2014 года по конец первого полугодия 2019 года число газомоторных машин в автопарке Группы «Газпром» достигло 11 658 единиц – это более 50 % техники, пригодной к переводу на газ. Планируется, что к концу 2019 года этот показатель достигнет 55 %.

На совещании был рассмотрен успешный опыт сельскохозяйственных предприятий по переводу техники на газ. Отдельное внимание было уделено мерам поддержки на федеральном и региональном уровнях, необходимым для ускорения развития российского газомоторного рынка.

«Природный газ – это эффективный инструмент снижения издержек во всех отраслях экономики, где есть транспортная составляющая. Это хорошо видно по результатам работы «Газпрома». Мы активно переводим собственный парк техники на газ. С 2014 года за счёт замещения нефтяных видов топлива природным газом компания сэкономила 4,8 млрд руб. При этом сокращение выбросов загрязняющих веществ составило более чем 108,6 тыс. т. Понятно, что чем большую роль играет транспорт в работе той или иной коммерческой, государственной структуры, тем весомей будет экономический и экологический эффект от перевода автомобилей на газ», – сказал Виктор Зубков.

В Нижнем Новгороде делегация «Газпрома» посетила завод Группы ГАЗ, на котором, кроме прочего, производится газомоторная техника, таксомоторный парк, работающий с легковыми автомобилями на метане, а также предприятие, выпускающее автомобильные газовые баллоны и передвижные автомобильные газовые заправщики. Для участников совещания на специализированном автотранспортном предприятии ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород» была организована выставка современных моделей автотранспорта на природном газе, используемых в производственной деятельности компаний Группы «Газпром».

Управление информации ПАО «Газпром»

## Метан на службе у Почты России

10

Почта России в рамках программы по обновлению собственного автопарка протестировала новый грузовик Hyundai HD78, использующий в качестве топлива компримированный природный газ. Главная цель эксперимента – наращивание экономической эффективности эксплуатации автотранспорта и параллельное снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Сегодня Почта России эксплуатирует более 17 тыс. единиц техники на маршрутах в 85 регионах России. Как ожидается, использование природного газа (метан) в качестве моторного топлива сможет на треть повысить экономическую эффективность эксплуатации автотранспорта. Ещё один положительный результат – сокращение негативного воздействия на окружающую среду как минимум в два раза.

Не секрет, что использование ГМТ является общемировым трендом. Сегодня более чем в 80 странах мира автомобили на альтернативных источниках энергии активно используются в коммерческих целях, их общее число превышает отметку в 50,3 млн единиц.

Примечательно, что ГМТ менее подвержено возгоранию при ДТП, в то же время хищение природного газа из топливного бака автомобиля исключено.

«Для Почты России рациональное использование энергоресурсов является неотъемлемой частью долгосрочной стратегии развития. В блоке логистики этой теме, наряду с приоритетными вопросами сокращения сроков доставки отправлений, уделяется особое внимание. Мы продолжаем оптимизацию затрат на обслуживание основных почтовых маршрутов и благодарим за сотрудничество в этом знаковом проекте наших партнёров, одного из мировых лидеров в области производства коммерческого транспорта компанию Hyundai», – отметил заместитель генерального директора Почты России по логистике Игорь Чебунин.

Напомним, что в 2018 г. в ходе работы ПМЭФ–2018 между Почтой России и компанией «Газпром газомоторное топливо» было заключено двустороннее соглашение: в рамках договоренностей к 2022 г. до 30 % корпоративного автопарка Почты России должно быть переведено на природный газ. Данный проект планируют реализовать во всех регионах России, в том числе в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

<https://neftegaz.ru/news/companies/>

## Новые автобусы на природном газе

В понедельник, 23 сентября, состоялась презентация новых автобусов на природном газе, которые будут курсировать между Санкт-Петербургом и Сосновым Бором. Презентация обновленного транспорта состоялась в Доме правительства Ленинградской области.

Первая партия автобусов уже готова к работе. В них есть всё необходимое для комфортных поездок. Кроме того, автобусы доступны для маломобильных граждан. Дизайн нового транспорта выполнен с символикой Ленинградской области.

На маршрут вышли сразу 22 новых брендированных автобуса. Губернатор

Ленинградской области Александр Дрозденко лично оценил состояние и качество автобусов.

Кстати, незадолго до этого в рамках Европейской недели мобильности в историческом центре Петербурга было увеличено число автобусов на КПП, сообщает пресс-служба СПб ГУП «Пассажиравтотранс». До 22 сентября жители города на Неве могли ездить на 60 дополнительных единицах экологичной пассажирской техники по маршрутам №№ 3, 22, 26, 49, 141.

Было отмечено, что автобусы на метане соответствуют стандарту EEEV, являющемуся наиболее жёстким требованием, регулирующим выбросы вредных веществ в окружающую среду. В настоящее время «Пассажиравтотранс» использует более 160 газовых автобусов. Планируется, что в 2020 году будут приобретены еще 60.

Такой транспорт курсирует по улицам Московского, Фрунзенского, Центрального и Красногвардейского районов. При этом на маршруте № 128 с марта ездят бесшумные автобусы с электрическим двигателем.

Санкт-Петербург несколько лет подряд участвует в Европейской неделе мобильности. Главная цель акции – привлечь внимание к проблемам экологии и мотивировать жителей мегаполиса пересесть с личного автотранспорта на общественный.

<https://topspb.tv/news/2019/09/16/>

<https://47channel.ru/event/>

## Соревнуются мусоровозы

Техника Scania на природном газе успешно финишировали после продолжительного автопробега мусоровозов по России. Позади 11 дней, 8 городов и более 2000 км.

Проведением этого мероприятия преследовались две основные задачи:

- привлечь внимание россиян к проблеме обращения с отходами и загрязнения окружающей среды в населённых пунктах;
- повысить информированность населения о транспорте, работающем на природном газе.

«На сегодняшний момент для российских транспортных компаний транспорт на метане – это самое экологичное и экономичное решение в грузоперевозках. Кроме того, автомобили с газовыми двигателями работают гораздо тише дизельных, что немаловажно для мусоровозов, передвигающихся во дворах городов», – отметили в компании Scania.



<https://www.facebook.com/gazprom.gmt>

# Будущее водорода



## Использование возможностей сегодняшнего дня

Отчёт подготовлен МЭА  
для саммита G20 в Осаке,  
Япония<sup>1</sup>



### Предисловие

Текущий год является крайне важным для развития использования водорода. Во всём мире наблюдается рост интереса к водородной энергетике. Формируются условия для реализации водородного потенциала в качестве решения в области производства чистой энергии.

Для достижения этой цели правительства и компании должны начать предпринимать амбициозные и реальные действия уже сейчас. Мы очень признательны правительству Японии за предоставленную Международному энергетическому агентству (МЭА) возможность подготовить этот важный и своевременный отчёт.

Наше исследование даёт обширную и независимую оценку текущей ситуации по использованию водорода, а также способов реализации его потенциала, посредством применения которых водород может содействовать достижению чистого, безопасного и доступного энергетического будущего. Для этих целей были выявлены наиболее перспективные возможности применения водорода.

МЭА, являясь ведущей международной организацией энергетического сектора, чья деятельность охватывает все виды топлива и технологии, идеально подходит

1. Печатается с сокращениями.

для содействия разработке глобальной политики в отношении водорода. В рамках настоящего отчёта совместно с органами власти, представителями отрасли и научных кругов был проведён тщательный анализ текущей ситуации.

Данное исследование проводилось с использованием комплексного подхода МЭА к рассмотрению глобальной энергетической системы. Ранее мы опубликовали отчёт о роли атомной энергетики в системе производства чистой энергии. Мы также проводим различные встречи на высшем уровне для определения важнейших элементов, необходимых для устойчивого энергетического будущего, включая конференцию по вопросам энергоэффективности, проведённую недавно на уровне министерств в Дублине, а также берлинскую конференцию на уровне министерств, посвящённую системной интеграции возобновляемых источников энергии, в октябре 2019 года.

Я очень надеюсь, что подготовленный нами отчёт послужит основой для дальнейших дискуссий и выработки управленческих решений, проводимых и принимаемых странами-членами G20, а также правительствами и компаниями по всему миру. Я надеюсь, что наш отчёт поможет преобразовать интерес в отношении водорода в реальные действия, которые позволят сделать водород важным фактором в предоставлении экологически чистой, безопасной и доступной энергии в будущем.

Помимо этого отчёта, МЭА будет по-прежнему уделять пристальное внимание вопросам, связанным с водородом, расширяя наши экспертные знания в данной области в целях мониторинга достигаемого прогресса и формирования рекомендаций в части технологических решений, политического и рыночного ландшафтов.

Мы будем продолжать тесно сотрудничать с правительствами разных стран и другими заинтересованными сторонами для поддержания совместных усилий, направленных на максимальное использование огромного потенциала водорода.

МЭА с нетерпением ждёт продолжения этого совместного путешествия.

**Д-р Фатих Бироль,**  
исполнительный директор,  
Международное энергетическое агентство

## Возможности для водорода в транспортном секторе и энергетике

- Транспорт и энергетика – эти области являются потенциально привлекательными для использования водорода. Однако процесс его внедрения в повседневную практику является весьма сложным и требует существенной, тщательно продуманной политической поддержки.

- Конкурентоспособность FCEV (fuel cell electric vehicles – электромобили на топливных элементах) на транспорте зависит от стоимости топливных элементов, а также от уровня развития заправочной инфраструктуры. Для легковых автомобилей ключевым фактором конкурентоспособности водорода является возможность снижения стоимости топливных элементов, а также стоимости хранения водорода. Повышение экономической привлекательности позволит водородным автомобилям конкурировать с аккумуляторными электромобилем на дальности движения от 400 до 500 км и рассчитывать на внимание потребителей, которым важна дальность пробега.

В сегменте грузовых автомобилей главным фактором конкурентоспособности является снижение отпускной цены водорода. На ранних этапах развития рынка водородного топлива целесообразно строительство водородных станций на территории транспортных компаний, имеющих централизованную сеть логистических маршрутов (с центральным «хабом»). Такой подход позволит максимизировать степень загрузки заправочных станций, что создаст инвесторам условия для развития рынка «с нуля».

- Существуют объективные предпосылки для использования водорода при морских и авиационных перевозках. Аммиак и водород обладают потенциалом для решения экологических задач в судоходстве, однако стоимость их производства высока по сравнению с топливом на основе нефти. Жидкое топливо на основе водорода является потенциально привлекательным вариантом для авиации за счёт более высокой энергоёмкости, при этом влечёт и потенциально более высокие затраты. Политическая поддержка низкоуглеродной продукции имеет решающее значение для перспектив водородного топлива в сегменте морских и авиационных перевозок.

- В краткосрочной перспективе важнейшей возможностью продвижения водорода является его использование в газоснабжении. Смешивание водорода в низкой концентрации с природным газом может способствовать сокращению вредных выбросов. В 2030 году объём используемого водорода в газоснабжении может составить до 4 млн т. Потенциал наиболее высок в многоквартирных и коммерческих зданиях, особенно в густонаселённых городах, где сложно использовать альтернативные виды теплоснабжения (в т.ч. тепловые насосы). Долгосрочные перспективы в области отопления могут включать прямое использование водорода в водородных котлоагрегатах или топливных элементах, однако оба эти варианта требуют модернизации инфраструктуры и дополнительных мер по обеспечению производственной безопасности.

- Широкие возможности открываются для использования водорода при выработке электроэнергии. В ближайшем будущем аммиак также может использоваться для совместного сжигания на угольных электростанциях в целях сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Водород и аммиак могут быть гибкими вариантами генерации при использовании в газовых турбинах или топливных элементах. При низких коэффициентах мощности, характерных для смешанных электростанций, водород становится конкурентоспособным при цене менее 2,5 долл. США за 1 кг. Основными низкоуглеродными конкурентами в этой сфере являются природный газ с улавливанием углерода (CCUS) и биогаз. В долгосрочной перспективе водород может применяться для хранения энергии с целью балансировки сезонных колебаний потребления.

В долгосрочной перспективе реализовать потенциал водорода в наибольшей степени возможно только за счёт широкого внедрения на транспорте и в энергетике. Кроме того, потенциал водорода проявляется в возможности диверсификации топливных смесей, что при условии его производства из низкоуглеродных источников будет способствовать переходу к более чистой энергетической системе.

Существуют многочисленные возможности для использования водорода вне промышленного применения: практически все виды транспорта потенциально

могут работать на водороде или водородном топливе; потребности в отоплении и охлаждении в зданиях могут удовлетворяться за счёт водорода; энергетический сектор может использовать водород или водородные виды топлива (такие как аммиак) для производства электроэнергии.

С учётом такой универсальности возникает возможность предусмотреть в будущем всеохватывающую экономику с низким содержанием углерода. Вместе с тем в последнее время стремительно развиваются другие экологически чистые энергетические технологии, предусматривающие более широкое использование электроэнергии, а это означает, что будущее водорода может быть в большей степени связано с интеграцией в разнообразные и взаимодополняющие энергетические сети. Это особенно актуально с учётом того, что использование водорода в некоторых секторах сопряжено с техническими и экономическими сложностями по сравнению с другими низкоуглеродными технологиями. Существует также элемент зависимости от существующей инфраструктуры: например, железнодорожный транспорт уже широко электрифицирован во многих странах.

Рассмотрим различные возможные виды применения водорода на транспорте, при обслуживании зданий и в энергетике (в данном номере публикуется материал об автотранспортном секторе – *прим. ред.*). Речь пойдёт о потенциальных возможностях использования водорода и водородных видов топлива, включая анализ их конкурентоспособности в сравнении с другими энергоносителями.

## Водород как основа чистого топлива для транспортных средств

Газообразный водород уже давно объявлен перспективным транспортным топливом. Считается, что он предлагает низкоуглеродную альтернативу нефтепродуктам и природному газу и дополняет другие альтернативы – такие как электричество и современное биотопливо. Электромобили, работающие на водородных топливных элементах (ТЭ), снизили бы загрязнение воздуха в месте использования, поскольку как и аккумуляторные электромобили BEV (battery electric vehicles – электрическое транспортное средство на аккумуляторных источниках питания) имеют нулевые выбросы из выхлопной трубы. Водород может быть преобразован в топливо на его основе, включая синтетический метан, метанол и аммиак, а также синтетические жидкие виды топлива, которые могут использоваться в транспортном секторе.

Пригодность водорода и других видов топлива на его основе для различных видов транспорта представлена в таблице, где излагаются некоторые из их основных преимуществ и недостатков<sup>2</sup>. Топливо на водороде даёт особые преимущества для авиации (в виде синтетического авиационного топлива) и судоходства (в виде аммиака) – секторов, в которых использование водорода или электроэнергии является более сложным.

2. Для всех видов применения требования, предъявляемые к хранению на борту транспортного средства, являются основной проблемой для водорода. Хотя водород содержит примерно в три раза больше энергии на 1 кг, чем ископаемое топливо, плотность его энергии в восемь раз ниже, чем у обычных видов топлива, при сжатии до типичного давления на борту газообразного водорода (70 МПа).





## Потенциальное использование водорода и производных продуктов для транспорта

16

| Вид транспорта                                                    | Текущее состояние                                                                                                                                                                                                 | Потенциальный спрос                                                                                                                                                                                                           | Перспективы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                               | Возможности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Проблемы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Легковые автомобили и фургоны (автомобили малой грузоподъемности) | 11 200 автомобилей в эксплуатации (преимущественно в Калифорнии, Европе и Японии)                                                                                                                                 | Мировой парк автомобилей, как ожидается, продолжит расти; водород может захватить часть этого рынка                                                                                                                           | <b>Водород:</b> короткое время заправки, меньший вес для хранения энергии и нулевое количество выбросов выхлопных газов; топливные элементы могут быть меньше, чем литиевые батареи.<br><br>Автомобильные автопарки могут помочь преодолеть проблемы низкой загрузки заправочных станций; большие расстояния и большие мощности являются привлекательными условиями для использования водорода. | <b>Водород:</b> первоначально низкий уровень загрузки заправочных станций повышает стоимость топлива; необходимо сокращение затрат на топливные элементы и хранение.<br><br><b>Преобразование энергии в жидкость:</b> большое потребление электроэнергии и высокие затраты на производство.<br><br><b>Аммиак:</b> едкое и опасное вещество; использование, скорее всего, будет ограничено профессиональными операторами. |
| Грузовые автомобили и автомобили большой грузоподъемности         | Демонстрационные и нишевые рынки: ~25 000 вилочных погрузчиков; ~ 500 автобусов; ~ 400 грузовых автомобилей; ~ 100 фургонов. К концу 2019 года в Китае ожидается несколько тысяч автобусов и грузовых автомобилей | Сильный сегмент роста; применение в дальних и тяжёлых условиях эксплуатации привлекательно для водорода                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Водный транспорт                                                  | Ограничено демонстрационными проектами для малых судов и бортового электроснабжения на более крупных судах                                                                                                        | Объём морских грузовых перевозок вырастет примерно на 45% к 2030 году. Целевые показатели загрязнения и целевые показатели по парниковым газам на 2050 год могут способствовать развитию водородных топлив.                   | <b>Водород и аммиак:</b> возможности как для национальных инициатив по декарбонизации внутренних судов, так и для стратегии сокращения выбросов парниковых газов ИМО, учитывая ограничения на использование других видов топлива                                                                                                                                                                | <b>Водород:</b> стоимость хранения выше, чем других видов топлива.<br><br><b>Водород/аммиак:</b> полезный объём, потерянный из-за необходимости хранения топлива (более низкая плотность по сравнению с жидкими топливами)                                                                                                                                                                                               |
| Железнодорожный транспорт                                         | Два водородных поезда в Германии                                                                                                                                                                                  | Поезда являются основным видом транспорта во многих странах                                                                                                                                                                   | <b>Водородные поезда</b> могут быть наиболее конкурентоспособными при осуществлении железнодорожных перевозок (региональные линии с низким использованием сети и трансграничные перевозки)                                                                                                                                                                                                      | Железнодорожный транспорт является наиболее электрифицированным видом транспорта                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Авиация                                                           | Лишь в рамках небольших демонстрационных проектов и технико-экономических исследований                                                                                                                            | Самая быстрорастущая разновидность пассажирского транспорта. Для чистого водорода потребуется большой объём хранения и переоборудование, что делает биотопливо более привлекательной альтернативой для этого вида транспорта. | <b>Преобразование энергии в жидкость:</b> возможность использования уже существующей инфраструктуры.<br><br><b>Водород:</b> возможность установки вместе с батареями бортового электроснабжения в аэропортах.                                                                                                                                                                                   | <b>Преобразование энергии в жидкость:</b> в настоящее время в 4-6 раз дороже керосина, в перспективе цена может сократиться в 1,5-2 раза. Таким образом конкурентоспособность по цене ограничена.                                                                                                                                                                                                                        |

## Использование водорода в дорожном транспорте

Использование транспорта на водородных топливных элементах получает всё более широкое распространение, в том числе для погрузочно-разгрузочных работ (главным образом для вилочных погрузчиков), автобусов, поездов и грузовиков<sup>3</sup>.

### Легковые автомобили

Подавляющее большинство топливных элементов используется на автомобильном транспорте (E4tech, 2018). Около 4 000 электромобилей на топливных элементах (FCEV) было продано в 2018 году, что на 56 % больше, чем в предыдущем году (AFC TCP, 2018). В настоящее время их число составляет 11 200 единиц (рис. 1). Это по-прежнему небольшое количество по сравнению с общим числом автомобилей в мире – более 1 миллиарда. На США приходится около половины зарегистрированных автомобилей FCEV, за ними следуют Япония (около четверти), Европейский союз (11 %, главным образом в Германии и Франции) и Корея (8 %). Почти все легковые автомобили FCEV производятся Toyota, Honda и Hyundai, хотя Мерседес-Бенц недавно начал лизинг и продажу ограниченных объёмов подключаемого гибридного электромобиля с топливным элементом.

Таким образом электромобили на топливных элементах по-прежнему занимают лишь небольшую долю мирового парка автомобилей малой грузоподъёмности.

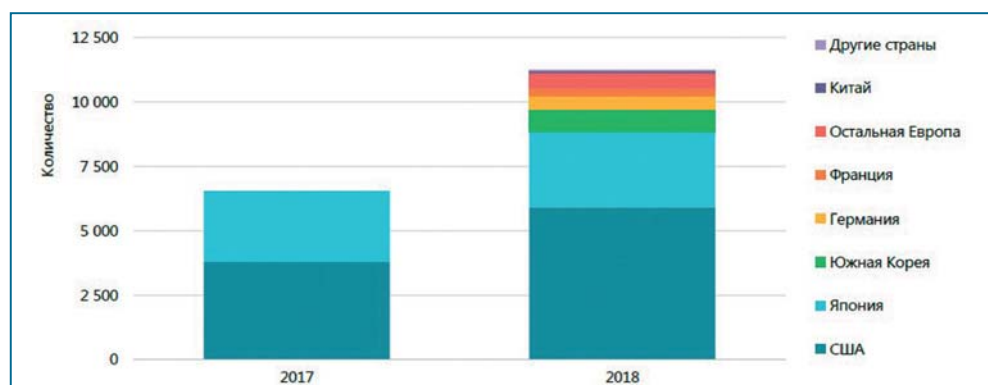


Рис. 1. Электромобили на топливных элементах, находящиеся в эксплуатации, 2017-2018 гг.

Источник: AFC TCP (2019), AFC TCP Survey on the Number of Fuel Cell Electric Vehicles, Hydrogen Refuelling Stations and Targets

### Автобусы, грузовые автомобили и другие транспортные средства

Электрические вилочные погрузчики, работающие на водородных топливных элементах, уже являются коммерчески жизнеспособными в качестве замены существующим аккумуляторным электрическим погрузчикам<sup>4</sup>. По нашим оценкам, во всём мире уже 25 000 вилочных погрузчиков имеют топливные элементы.

3. Успех FCEV на рынке вилочных погрузчиков объясняется необходимостью использования значительного количества электроэнергии и строгими требованиями к выбросам выхлопных газов, которым они подчиняются, поскольку часто работают в закрытых помещениях, где выхлопные газы от двигателей внутреннего сгорания негативно воздействуют на организм человека.

4. Экономика обусловлена высокой загрузкой, быстрой зарядкой, небольшими сборами за энергосеть и более эффективным использованием капитала. Одной из важнейших предпосылок является высокая эффективность использования водородной заправочной станции с использованием парка вилочных погрузчиков.

Что касается автобусов, Китай сообщил о реализации крупнейших демонстрационных проектов с более чем 400 автобусами (AFC TCP, 2019; Hongxiang, 2018). По оценкам, в 2017 году в Европе эксплуатировались 50 электробусов на топливных элементах, 25 – в Калифорнии и около 30 – в других штатах США (E4tech, 2018). Другие демонстрационные проекты, касающиеся электробусов на топливных элементах, были запущены в Южной Корее и Японии. Объёмы производства быстро растут, а к концу 2020 года ожидается ввод в эксплуатацию уже тысяч электробусов (преимущественно в Китае).

Во всём мире по меньшей мере 11 компаний в настоящее время производят электрические автобусы на топливных элементах. Поскольку их дальность пробега избавляет от необходимости подзаряжаться в течение дня, они, как правило, хорошо подходят для практики более высокого суточного пробега (свыше 200 км в день), более крупных автобусных парков и для гибких маршрутов, например, при продлении заданного маршрута в определенные периоды года.

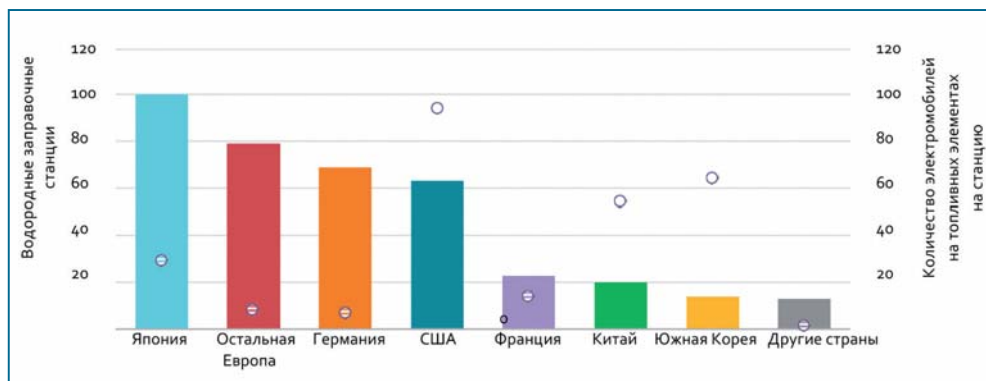
Недавно были изготовлены, приобретены и введены в эксплуатацию новые модели аккумуляторных грузовых электромобилей и электробусов. Наиболее быстрый рост рынка наблюдается в автопарках, которые имеют доступ к заправочной инфраструктуре и при этом ограниченный маршрут движения (до 350 км в день), особенно в тех, которые занимаются перевозкой пассажиров в городах и доставкой.

В сегменте грузового транспорта Китай занимает первое место по производству и продаже грузовых электромобилей на топливных элементах и реализует большинство «пилотных» проектов. Согласно статистике, в 2018 г. в стране было зарегистрировано 412 единиц грузового транспорта (AFC TCP, 2019), а также 100 микроавтобусов. Кроме того, в городе Ругао эксплуатируется 500 транспортных средств на водородных топливных элементах, а в Шанхае и его окрестностях ежедневно работают более 100 таких транспортных средств (Hongxiang, 2018; E4tech, 2018). За пределами Китая две компании по доставке FedEx и UPS тестируют в США транспортные средства класса 6 с увеличенным пробегом, а проектом h2Share планируется протестировать 27-тонный большегрузный грузовик в Европе (E4tech, 2018; H2-Share, 2018). Французская почтовая служба и другие логистические компании в этой стране также установили небольшие топливные элементы с целью увеличения дальности пробега на 300 электромобилях, а другие компании устанавливают топливные элементы на электрические фургоны (AFHYPAC, 2017).

### *Водородные заправочные станции*

Инфраструктура для заправки водородом, хотя и носит относительно ограниченный характер на сегодняшний день, становится всё более популярным явлением в последние несколько лет. По состоянию на 2018 год, во всём мире насчитывалась 381 водородная заправочная станция для дорожных транспортных средств – как общедоступные, так и частные (рис. 2). Япония (100), Германия (69) и США (63) – это три страны с наибольшим числом общедоступных водородных заправочных станций. Однако эти цифры всё ещё невелики по сравнению с показателями BEV: в мире насчитывается почти 144 000 государственных быстрых зарядных устройств для автомобилей малой грузоподъёмности, 395 000 государственных низкоскоростных зарядных устройств и 4,7 млн частных зарядных устройств (IEA, 2019a). Эти цифры означают, что для каждого государственного зарядного устройства имеется около 10 BEV, а для каждого частного зарядного устройства – по одному BEV. Среднее число BEV для каждой водородной станции

в большинстве регионов, где они были развёрнуты, в настоящее время значительно выше (рис. 2). Для полностью развитой инфраструктуры ожидается 2,5-3,5 тыс. FCEV на станцию (Robinius et al., 2018).



**Рис. 2.** Водородные заправочные станции и их использование, 2018 г.:

○ – количество электромобилей на топливных элементах, приходящееся на водородную заправочную станцию (правая ось) <sup>5</sup>

Источник: AFC TCP (2019), AFC TCP Survey on the Number of Fuel Cell Electric Vehicles, Hydrogen Refuelling Stations and Targets.

Отношение водородных заправочных станций к FCEV малой грузоподъёмности существенно варьируется в разных странах, что отражает различия в подходах к развёртыванию станций, их размерам, давлению при хранении и использовании.

Цены на поставляемый водород очень чувствительны к уровню загрузки водородных заправочных станций. Например, соотношение, близкое к 10 автомобилям на станцию (как это имеет место в Европе), означает, что насосы работают менее 10 % времени, если заправочные станции рассчитаны на 50 кг водорода в день <sup>6</sup>. Это также означает высокую цену – около 15-25 долл./кг, если затраты на строительство и эксплуатацию заправочные станции возмещают за счёт продажи топлива в течение всего срока своей службы <sup>7</sup>.

Более высокое отношение автомобилей к заправочным станциям должно привести к снижению цен на водород. Однако в некоторых странах с высокими коэффициентами (например, Китай и Франция) сегодня заправочные станции располагаются на территории якорного потребителя и не отражают реальный потенциал спроса на водородное топливо и потребность в более масштабном строительстве водородных заправочных станций.

Различия в этом соотношении между странами указывают на разные подходы к рискам, связанным с развитием инфраструктуры для заправки транспортных средств. В Китае ввод в эксплуатацию заправочной станции может занимать до шести месяцев, но обычно речь идет о сроке до двух лет (СЕС, 2017).

5. Приведенное количество водородных заправочных станций включает общедоступные и частные заправочные станции. Число FCEV, используемых для оценки соотношения, включает только транспортные средства малой грузоподъёмности и поэтому не отражает использование станций другими категориями дорожных транспортных средств.

6. Данный расчёт основан на ежегодном объёме заправки водородом (160 кг/г) транспортного средства и годовом пробеге в 12 000 км.

7. В то время как мощность станций менее 50 кг в день приведёт к более высоким коэффициентам использования, малые станции являются капиталоемкими и не могут воспользоваться преимуществами высокой экономии за счёт эффекта масштаба. В результате минимальная цена водорода на станции мощностью менее 50 кг в день по-прежнему будет выше 15 долл. США за кг водорода.

Подходы, направленные на смягчение проблемы координации, связанной с развитием инфраструктуры, включают использование заправочных станций на объектах по производству водорода или вблизи них (например, на промышленных объектах, интермодальных пересадочных узлах или портах) для обслуживания специальных парков (таких, как промышленный транспорт, общественные автобусы или такси).

### Государственные и частные инициативы по использованию водорода в дорожном транспорте

- На сегодняшний день ведущими производителями FCEV являются Toyota и Hyundai. У компаний имеются амбициозные планы по расширению производства. Объявленная цель Toyota – производить более 30 000 электромобилей на топливных элементах ежегодно после 2020 года, по сравнению с 3 000 ед. в настоящее время (Tajitsu and Shiraki, 2018). Hyundai также имеет производственные мощности на 3 000 систем топливных элементов и стремится увеличить это количество до 700 000 к 2030 году (Kim, 2018).

- Тысячи электробусов на топливных элементах готовы к производству и находятся на предварительном заказе в ближайшие пять лет, главным образом в Китае. В целом эти заказы непосредственно подкрепляются инициативами, осуществляемыми при поддержке правительства, включая совместное предприятие по топливным и водородным топливным элементам в Европе и Национальную программу автобусов на топливных элементах в США. В Корее государственно-частное партнёрство направлено на выпуск 1 000 электробусов на топливных элементах к 2022 году, а к 2040 году в Корее заявлена цель производить 40 000 ед. такой техники (Study Task Force, 2019). Автобусный парк Кореи, работающий на природном газе, насчитывает 26 000 автомобилей, все из которых могут быть преобразованы в водородные (O'Dell, 2018). Япония намерена иметь 100 электробусов на топливных элементах, которые предположительно будут работать на летних Олимпийских играх в Токио 2020 года.

- Что касается грузовых автомобилей, то несколько известных производителей грузовиков – Hyundai, Scania, Toyota, Volkswagen, Daimler и Groupe PSA – разрабатывают модели на водородных топливных элементах, к ним присоединилась новая компания Nikola Motor Company, основанная в 2014 году. Hyundai и Nikola дальше продвинулись в плане заказов: 1 600 электромобилей Hyundai (в партнёрстве с H2 Energy) планируется поставить в Швейцарию и другие европейские страны к 2025 году (ACTU, 2019). Nikola получила значительное финансирование и большое количество предварительных заказов на свои полугрузовики, включая недавно выпущенную европейскую модель Nikola Tre (Nikola, 2018a; Nikola, 2018b). Hyundai и Nikola активно участвуют в поставках водорода (в основном за счёт электроэнергии, полученной из возобновляемых источников), удовлетворяя спрос на топливо. Toyota сотрудничает с Калифорнийским советом по воздушным ресурсам и портами Лос-Анджелеса и Лонг-Бич, чтобы опробовать свой грузовик класса 8. Кроме того, компании по доставке, такие как FedEx, UPS и DHL, стремятся к испытанию топливных элементов для транспортных средств высокой

дальности. К 2020 году компания StreetScooter (в настоящее время принадлежащая Deutsche Post DHL Group) планирует ввести в эксплуатацию удлиненные фургоны на топливных элементах.

## Потенциал водорода в использовании дорожным транспортом в будущем

FCEV вместе с BEV являются единственными транспортными средствами, не имеющими выбросов выхлопных газов, и, таким образом, обладают потенциалом для резкого сокращения загрязнения воздуха на местном уровне, особенно в городах. Они также могут существенно сократить выбросы CO<sub>2</sub> при использовании низкоуглеродного водорода. Дальность хода и схема заправки FCEV аналогичны транспортным средствам с двигателями внутреннего сгорания. Кроме того, водород обладает некоторыми привлекательными свойствами по сравнению с биотопливом, поскольку при его использовании, как правило, потребитель не сталкивается с нехваткой ресурсов. Тем не менее рынок FCEV растет медленно. Технические проблемы и высокие цены являются сдерживающими факторами. А ведь Hyundai Tucson-ix 35 был представлен в 2013 году, а Toyota Mirai – в 2014-м. В связи с этим существует необходимость дальнейшего снижения затрат и наращивания сетей заправочных станций, чтобы привлечь на рынок больше автопроизводителей.

Теоретический потенциал будущего использования водорода в дорожном транспорте очень велик. Любой вид дорожного транспорта может работать на водороде – непосредственно с использованием топливных элементов или топлива на основе водорода в двигателях внутреннего сгорания. Что касается размера этого рынка, то если бы весь мировой автопарк (а это 1 млрд легковых автомобилей, 190 млн грузовых автомобилей и 25 млн автобусов, которые в настоящее время находятся в эксплуатации во всём мире) был заменен на FCEV, спрос на водород достиг бы 300 Мт H<sub>2</sub>/год, что более чем в четыре раза превышает текущий уровень мирового спроса на чистый водород (рис. 3). Теоретический потенциал будущего спроса ещё больше. В течение следующих 10 лет (до 2030 года) спрос на нефть для дорожного транспорта будет расти на 10 % без каких-либо решительных действий по достижению целей Парижского соглашения. В частности, это будет обусловлено спросом на грузовые автомобили в странах с развивающейся экономикой, а также ростом числа владельцев автомобилей. Количество владельцев автомобилей в таких странах как Индия и даже Китай значительно ниже, чем в промышленно развитых странах (например, Европейский союз и США). Для сравнения, количество автомобилей на душу населения в США в 25 раз выше, чем в Индии.

Нынешний спрос на топливо мировым автопарком будет расти по мере увеличения спроса на личные автомобили и доставку грузов, особенно в развивающихся странах и странах с формирующейся рыночной экономикой. Хотя потенциальная ёмкость рынка водородного топлива весьма велика, фактическое развитие будет в значительной степени зависеть от расходов на транспортные средства и топливо, политики органов власти, стоимости альтернативных технологий и изменений потребительского поведения в различных странах.



## Водородное топливо

22

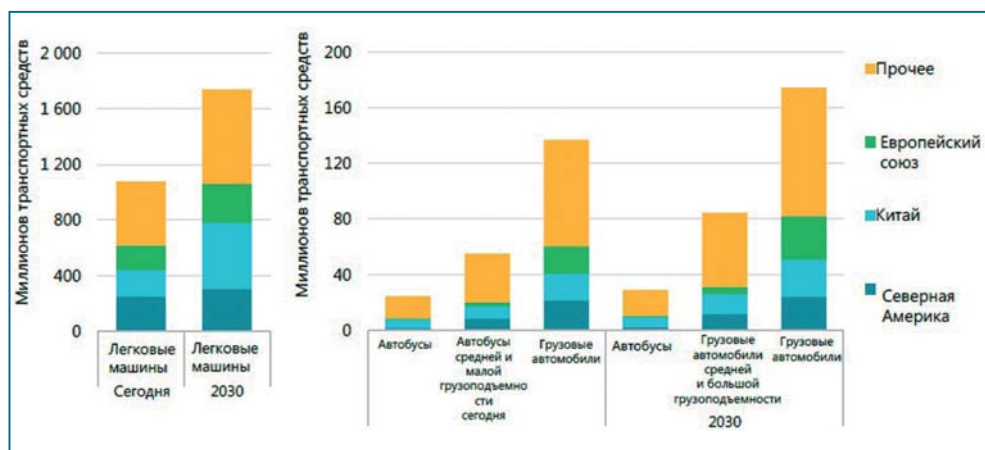


Рис. 3. Рост парка дорожных транспортных средств до 2030 г. при современных тенденциях

### *Конкурентоспособность расходов при прямом и косвенном использовании водорода в дорожном транспорте*

Далее будет рассмотрен вклад различных компонентов в стоимость водородных топливных элементов. Это делается в качестве средства выявления основных возможностей для сокращения расходов и понимания наиболее перспективных видов применения FCEV по сравнению с другими вариантами, в частности BEV. Однако следует отметить, что с точки зрения потребителей стоимость транспортного средства является лишь одним из многих критериев для принятия окончательного решения. Покупатели, как правило, принимают решение о покупке автомобиля исходя из ряда критериев – например, производительность, комфорт, предполагаемая надёжность и, конечно, бренд. Выбор того, какое транспортное средство купить, никоим образом не является просто вопросом затрат или сравнительным расчётом общей стоимости владения и эксплуатации транспортного средства. Как BEV, так и FCEV имеют некоторые общие характеристики (нулевой уровень выбросов выхлопных газов, быстрое ускорение, бесшумное функционирование), которые могут привлекать потребителей при одновременном переходе к использованию низкоуглеродного топлива на транспорте. Они также имеют и некоторые различные характеристики производительности, что важно для различных групп потребителей.

Если не учитывать стоимость водородного топлива, о которой говорилось выше, то конкурентоспособность затрат, связанных с прямым использованием водорода в FCEV, зависит от того, как развиваются три важнейших её компонента по сравнению с нынешними и потенциальными будущими конкурентами – стоимость топливных элементов и бортового оборудования, стоимость заправки, хранение.

### *Расходы на топливные элементы и потенциал для их снижения*

За последнее десятилетие стоимость топливных элементов значительно снизилась (Yumiya, 2015), однако затраты остаются высокими, а объёмы производства – низкими. Текущая коммерческая стоимость типичного топливного элемента оценивается в 230 долл. США за кВт, хотя использование современных тех-

нологий в скором времени, вероятно, снизит эту цену до 180 долл. США за кВт (Parageorgopoulos, 2017).

В будущем расходы могут быть дополнительно снижены благодаря научно-исследовательским достижениям. Возможно повышение активности катализатора и, таким образом, снижение содержания платины, которая является одним из самых дорогих компонентов топливного элемента. Кроме того, может быть разработан катализатор без платины. Необходимы также исследования для оптимизации проектирования и интеграции компонентов топливных элементов в мембранный электрод, а также для снижения затрат на биполярные плиты (на которые, как ожидается, будет приходиться растущая доля будущих расходов) и компоненты установок (например, компрессоры и увлажнители).

Расходы могут быть также сокращены в будущем за счёт роста производства: увеличение числа единиц, изготовленных на одном производственном предприятии, снижает удельную стоимость каждого компонента.

Около половины стоимости системы приходится на биполярные пластины, мембраны, катализатор и газодиффузионные слои. Совокупная стоимость этих компонентов может быть снижена на 65 % за счёт увеличения числа установок с 1 000 до 100 000 единиц в год, что приведёт к снижению затрат на систему до 50 долл. США за кВт. Увеличение производства до 500 000 единиц в год, скорее всего, снизит стоимость лишь на 10 %, или до 45 долл./кВт (Wilson, Kleen and Parageorgopoulos, 2017). Однако задача снижения затрат должна быть увязана с задачей одновременного улучшения характеристик и долговечности топливных элементов. Ведь более высокие требования к долговечности могут привести к увеличению стоимости топливных элементов и ограничить снижение расходов, достигаемое за счёт увеличения масштабов производства. Последние данные Министерства энергетики США (Минэнерго США) учитывают эти компромиссы и предоставляют предварительный целевой показатель с поправкой на долговечность в размере 75 долл./кВт (US DOE, 2019). Тем не менее производители транспортных средств работают над повышением долговечности, например, путём создания карт работы топливных элементов для предотвращения снижения производительности.

Экономия за счёт увеличения масштабов производства может быть быстро достигнута. В 2017 году мировые продажи грузовых автомобилей средней грузоподъёмности составили около 1,6 млн ед., а большой – 1,8 млн. Для грузового автомобиля средней грузоподъёмности требуется примерно в два раза больше энергии, чем для легкового автомобиля, а для грузового автомобиля большой грузоподъёмности необходимо примерно в четыре раза больше энергии. Эти требования можно было бы удовлетворить за счёт установки дополнительных топливных элементов, то есть оснастить обычный электромобиль двумя топливными элементами, а автомобиль большой грузоподъёмности – четырьмя. Чтобы достичь 5%-ной доли мирового рынка грузовых автомобилей, потребуется пять заводов по производству систем топливных элементов, производящих 100 000 единиц в год. Например, Китаю потребовалось бы 10 заводов, производящих 100 000 единиц в год, чтобы покрыть только четверть своих текущих ежегодных продаж грузовых автомобилей средней и большой грузоподъёмности отечественного производства. На сектор пассажирских транспортных средств приходится доля рынка, значительно превышающая объёмы продаж грузовых автомобилей, а ежегодный объём продаж новых автомобилей составляет около 85 млн, в то время как объём продаж легковых грузовых автомобилей в 2017 году был 10 млн.



Для транспортных средств малой грузоподъёмности требуется система, состоящая из одного топливного элемента с пиковой мощностью 80-100 кВт. Для достижения 5%-ной доли мирового рынка продаж автомобилей потребуется 40 заводов по производству топливных элементов, каждый из которых должен в среднем производить 100 000 единиц в год.

### *Расходы на резервуары для хранения и потенциал для их снижения*

Расходы на бортовой резервуар для хранения зависят от дорогих композитных материалов и, как ожидается, будут снижаться медленнее, чем в случае топливных элементов. Для хранения водорода на борту требуется, чтобы он был сжат до 35-70 МПа для применения в легковых и грузовых автомобилях и использования 6-15 % его энергии<sup>8</sup>. Стоимость существующих бортовых систем хранения (включая фитинги, клапаны и регуляторы) оценивается в 23 долл. США/кВт·ч при масштабах производства 10 000 ед./год со снижением до 14-18 долл./кВт·ч при производстве 500 000 ед./год (Vijayagopal, Kim and Rousseau, 2017). Конечная цель Министерства энергетики США – 8 долл./кВт·ч. В случае легкового автомобиля с ежедневным примерным пробегом 600 км расходы на резервуар мощностью 225 кВт·ч составят около 3 400 долл. США сегодня и 1 800 долл. США в долгосрочной перспективе. Для большегрузной техники с дальностью пробега 700 км предполагаются расходы в размере 27 700 долл. США сегодня и потенциальное снижение до 16 700 долл. для резервуара мощностью 1 800 кВт·ч по сравнению с 100-150 тыс. долл. США для полной стоимости обычного дизельного тягача.

### *Расходы на инфраструктуру для заправки и потенциал для их снижения*

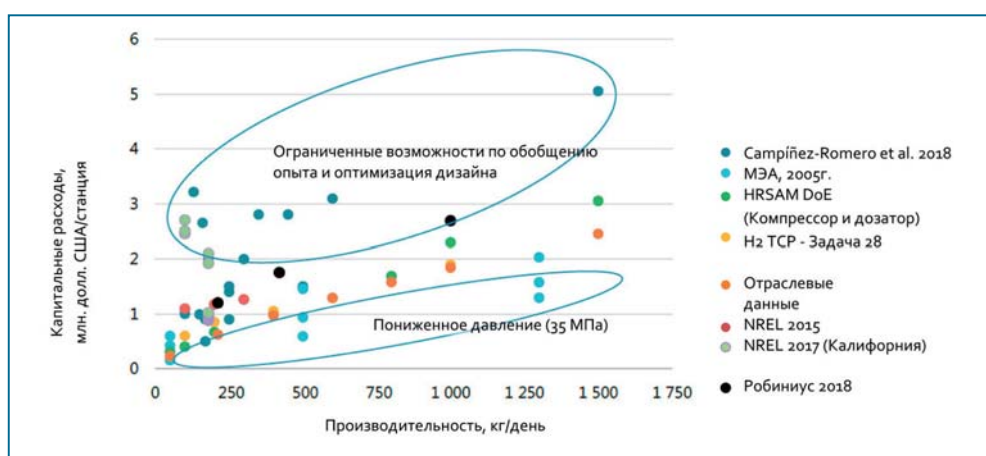
Создание инфраструктуры для заправки водородом является ключевым требованием для производства FCEV. Заправка водородом занимает почти так же мало времени, как и заправка обычным жидким топливом для ТС. Однако снабжение заправочных станций водородом может потребовать больше времени и труда, чем в случае с обычным топливом. Оценка расходов на создание заправочной инфраструктуры затруднительна, поскольку в мире насчитывается менее 400 водородных заправочных станций, а данные о них обычно не разглашаются. Однако расходы на инвестиции в водородные заправочные станции оцениваются в диапазоне 0,6-2 млн долл. США при давлении водорода 70 МПа и 0,15-1,6 млн долл. – при давлении 35 МПа (рис. 4). Нижний предел этого диапазона предназначен для станций с пропускной способностью 50 кг H<sub>2</sub>/сут, в то время как верхний предел характерен для пропускной способности в 1 300 кг H<sub>2</sub>/сут<sup>9</sup>.

Двумя крупнейшими статьями затрат являются компрессор (который может составлять до 60 % общей стоимости при давлении подачи 70 МПа) и резервуары для хранения (которые относительно больше из-за низкой плотности водорода). Фактическая стоимость строительства заправочных станций значительно отличается в разных странах преимущественно из-за различных требований

8. Важно отметить, что даже при 70 МПа для хранения водорода требуется в семь раз больше пространства для достижения того же пробега, что и при обычных дизельных технологиях.

9. Общая стоимость инженерных, строительных и общих накладных расходов водородных заправочных станций с пропускной способностью от 130 до 350 кг водорода в сутки падает при более высоких объёмах продаж (2,4-3,2 млн долл. США) (Baronas et al., 2017).

безопасности и процедур получения разрешений. Как уже говорилось выше, возможна сильная экономия за счёт масштабов производства. Увеличение мощности с 50 до 500 кг H<sub>2</sub>/сут может привести к снижению удельных затрат (т.е. капитальных затрат на 1 кг выделяемого водорода) на 75 %. Планируется создание более крупных станций мощностью до 1 000 кг H<sub>2</sub>/день, особенно для тяжёлых условий эксплуатации, что позволяет добиться дополнительной экономии за счёт роста продаж. Существует также возможность снижения затрат за счёт перехода к более современным вариантам снабжения (таким, как очень высокое давление или жидкий водород) и расширения масштабов производства оборудования для заправочных станций (путём массового производства компонентов, например, компрессоров).



**Рис. 4.** Сравнительный анализ капитальных расходов на водородную заправочную станцию в зависимости от её производительности

**Источники:** Campiñez-Romero et al. (2018), «A hydrogen refuelling stations infrastructure deployment for cities supported on fuel cell taxi roll-out»; IEA (2005), *Prospects for Hydrogen and Fuel Cells*; Pratt et al. (2015), H2FIRST Reference Station Design Task; US DOE (2018) HRSAM DoE; industry data, Robinius et al. (2018), «Comparative analysis of infrastructures: Hydrogen fueling and electricity charging of vehicles».

Расходы, связанные с созданием заправочной инфраструктуры, можно снизить за счёт строительства более крупных заправочных станций до тех пор, пока это позволяет предполагаемый спрос на водород.

Соотношение между размерами заправочных станций, стоимостью водорода и потребностью в нём относится к числу факторов, препятствующих быстрому росту объёма рынка водорода для перевозки. Малые станции более экономичны на начальном этапе развития рынка, поскольку они, скорее всего, обеспечат более высокие показатели загрузки мощностей в тех случаях, когда спрос на водород транспортными средствами ограничен, однако при этом они характеризуются более высокими затратами на единицу поставляемого водорода. После того, как будут установлены достаточные объёмы спроса, крупные станции становятся более экономичными и могут помочь снизить затраты на водород для конечных пользователей. Стоимость поставляемого водорода будет также зависеть от того, производится ли он локально или доставляется с централизованных производственных мощностей. Ценные преимущества централизованного производства могут

перевешиваться стоимостью доставки на заправочную станцию грузовым автомобилем или трубопроводом. Самый дешёвый вариант будет определяться в каждом конкретном случае.

Несмотря на более высокие первоначальные затраты в сравнении с электрозаправочной инфраструктурой водородные заправочные станции могут предложить значительные преимущества при наращивании мощностей – например, более быстрая заправка и потребность в производственных площадях примерно в 15 раз ниже, а также потенциально более низкие конечные инвестиционные затраты (FCH2 JU, 2019). В более долгосрочной перспективе потребуется более 400 заправочных станций для обслуживания парка из 1 млн водородных FCEV, что аналогично соотношению современного автопарка к числу существующих заправок (FuelsEurope, 2018; ACEA, 2018; Robinius et al. 2018).

Для удовлетворения потребностей растущего парка транспортных средств FCEV регулирующим органам необходимо будет обеспечить приток инвестиций в нужное время. Большинство заправочных станций, обслуживающих FCEV на ранних этапах развёртывания, будут небольшими (<200 кг H<sub>2</sub>/день), и общий объём инвестиций, необходимых для строительства 400 станций, вероятно, составит примерно 0,5-0,6 млрд долл. США. Однако эта сумма быстро возрастёт, и для зрелого рынка с более крупными станциями (до 1 000 кг/сут) потребуются инвестиции в размере 35-45 млрд долл.<sup>10</sup> для обслуживания всего 5 % мирового автопарка (около 60 млн автомобилей). Помимо сотрудничества с промышленными заинтересованными сторонами в разработке «дорожных карт» строительства заправочных станций на начальных этапах, прежде чем их доходы смогут поддерживать инвестиции в расширение, регулирующие органы могли бы стимулировать владельцев обслуживаемых автопарков с собственными заправочными станциями к открытию их для общественного пользования, что позволило бы частным владельцам транспорта получить доступ к большему числу станций.

### Политика, предусматривающая продвижение использования водорода в дорожном транспорте

Политика, направленная на поощрение использования FCEV, может включать установление стандартов топливной экономии, введение мандатов на использование транспортных средств с нулевым уровнем выбросов (ZEV), организация системы сборов (обложение налогом менее эффективные транспортные средства с целью субсидирования наиболее экологичных альтернатив) и выплата субсидий на приобретение водородного транспорта. И если одни инструменты предполагают сохранение свободы выбора соответствующей технологии участниками рынка (то есть являются технологически нейтральными), то другие носят более конкретный характер и могут быть более эффективны для развития водородной энергетики на начальном этапе развития.

На начальном этапе развития рынка внимание сосредоточено на создании заправочной инфраструктуры водорода. В качестве мест размещения

10. Предполагается, что 20 % станций будут небольшими (200 кг/день) и 80 % – крупными (1000 кг/день) по мере развития рынка.

заправочных пунктов выбираются парки грузовых автомобилей и транспортных средств для погрузочно-разгрузочных работ на промышленных объектах, кластерах и в портах; автобусные и таксопарки. Заправочные станции, первоначально построенные для них, могли бы быть открыты для общественного пользования, тем самым обеспечивая топливом частных владельцев водородных автомобилей. Альтернативный подход мог бы заключаться в предоставлении кредитов заправочным станциям, как, например, в Калифорнии, где ряд политических инструментов объединён для поддержки частных инвестиций в инфраструктуру заправки водородным топливом (CEC and CARB, 2018).

Государственная политика может также играть вспомогательную роль на начальных этапах развития рынка посредством следующих мер:

- упрощение регулятивного бремени, связанного с перевозкой водорода (например, в транспортных средствах на мостах и в туннелях), а также с выдачей разрешений на строительство необходимой инфраструктуры;
- взаимодействие с участниками рынка, которые способны осуществлять необходимые инвестиции, посредничество среди потенциальных партнёров по отрасли в деле поддержки надёжных и хорошо структурированных бизнес-планов, проведение их критической оценки и выявление направлений их совершенствования;
- льготы по налогам на транспортные средства или топливо для снижения инвестиционного риска зарождающихся сетей водородных заправочных станций.

Источник: CEC and CARB (2018)

### *Совокупная стоимость владения автомобилем*

Потребление энергии в расчёте на один километр, как правило, является наибольшим на крупных транспортных средствах, используемых на протяжённых расстояниях. Это означает, что расходы на топливо в большинстве случаев составляют основную долю общих расходов для более тяжёлых транспортных средств и транспортных средств с высокой степенью использования (таких, как грузовые автомобили дальнего следования, междугородные автобусы и автопарк коммерческих автомобилей). Поскольку капитальные затраты на автомобиль варьируются в диапазоне 70-95 % от общей стоимости владения в зависимости от транспортного средства, необходимо снизить цены на системы топливных элементов и резервуары для хранения водорода в целях повышения конкурентоспособности водородных автомобилей. Несколько иная ситуация в отношении грузовых автомобилей, капитальные затраты которых колеблются от 40 до 70 % общей стоимости владения, а это означает, что сокращение расходов на само топливо имеет столь же важное значение.

Покупатели автомобилей обычно учитывают совокупную стоимость владения в качестве одного из нескольких критериев при принятии окончательного решения. Например, для некоторых покупателей может быть важен пробег автомобиля. Среднемировой показатель электромобиля, продаваемого сегодня, имеет дальность около 250 км. Этого достаточно для большинства ежедневных поездок.

Проданные сегодня водородные автомобили имеют больший возможный пробег: Toyota Mirai предлагает около 400 км, а Hyundai Nexo ещё больше.

Это делает их привлекательными для потребителей, для которых дальность пробега в приоритете<sup>11</sup>. Таким образом, при условии, что водородные заправочные сооружения расположены вдоль желаемых маршрутов, FCEV могут проехать из Парижа в Марсель (около 750 км) с одной короткой заправочной остановкой. Один и тот же рейс BEV дальностью 250 км потребует не менее двух остановок, чтобы подзарядиться. Потребители будут исходить из разных соображений в соответствии с собственными приоритетами относительно стоимости и комфорта.

В настоящее время автомобили, работающие на водородных топливных элементах, как правило, дороже аккумуляторных электромобилей, что объясняется высокой стоимостью топливных элементов и топливных баков, а также тем, что они в большинстве рассчитаны на более длинный пробег на одной заправке (рис. 5). Конкурентоспособность повышается, если исходить из того же пробега для BEV и FCEV, хотя такой диапазон возможен сегодня только для ограниченного числа моделей BEV. Если снижение затрат за счёт расширения производства приведёт к снижению расходов на топливные элементы до 50 долл./кВт, а расходы на аккумуляторные батареи упадут до 100 долл./кВт·ч, то тогда FCEV станут более конкурентоспособными чем BEV на расстоянии 400 км. Если же расходы на топливные элементы упали лишь до 75 долл./кВт, например, в связи с необходимостью соблюдения требований по долговечности, о чём говорилось выше, то тогда FCEV стали бы более конкурентоспособными чем BEV на расстоянии 500 км (рис. 6). Это подчёркивает тот факт, что FCEV могут быть экономически привлекательными для потребителей, которые отдают приоритет дальности пробега на одной заправке.

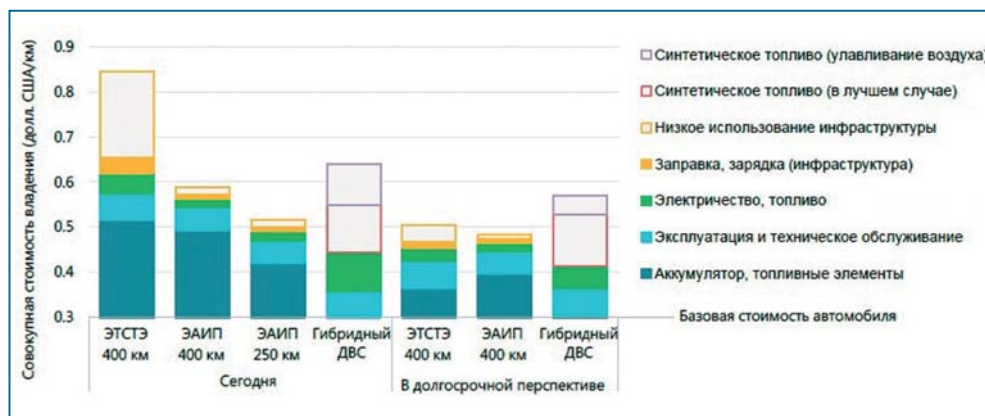


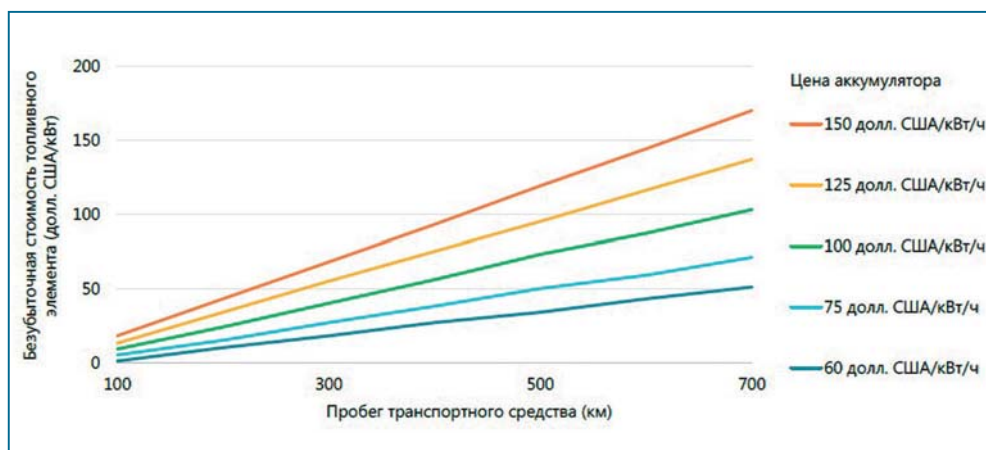
Рис. 5. Совокупная стоимость владения (с учётом трансмиссии, пробега и вида топлива)<sup>12</sup>

Источник: IEA 2019

Использование заправочной инфраструктуры является ещё одним определяющим фактором будущей конкурентоспособности FCEV. На начальном этапе внедрения стоимость водородного топлива, как ожидается, составит от 12 % (9 долл./кгH<sub>2</sub>) до 22 % (18 долл./кгH<sub>2</sub>) общей стоимости владения. Как уже говорилось выше, дополнительные затраты, связанные с водородной заправочной

11. Реальные диапазоны движения BEV более зависимы от температуры и использования вспомогательных систем (например, систем кондиционирования воздуха), чем у других силовых агрегатов.

12. С дополнительной информацией о сделанных предположениях можно ознакомиться по следующему адресу: [www.iea.org/hydrogen2019](http://www.iea.org/hydrogen2019).



**Рис. 6.** Конкурентная стоимость топливного элемента в сравнении с BEV в долгосрочной перспективе <sup>13</sup>

Источник: IEA 2019

станций, зависят от её размера и интенсивности использования: станции с производительностью 200 кгH<sub>2</sub> в день, которые распределяют топливо на уровне 10-33 % мощности, добавляют свою маржу в себестоимость топлива, которая может быть уменьшена по мере увеличения мощности станции.

Стоит отметить, что в Калифорнии потребовалось около двух лет, чтобы увеличить степень загрузки сети с 5 до 40 %. Средний размер станции в настоящее время составляет около 200 кгH<sub>2</sub>/сут (CEC and CARB, 2018), а некоторые станции по-прежнему работают на уровне ниже 10 % проектной загрузки (NREL, 2019). Вместе с тем высокая стоимость синтетического топлива свидетельствует о том, что переход на альтернативные силовые агрегаты, будь то аккумуляторные батареи или электрические топливные элементы, вероятно, будет менее затратной стратегией сокращения выбросов CO<sub>2</sub> и загрязняющих веществ легковыми и грузовыми автомобилями.

Таким образом, снижение затрат на топливные элементы и резервуары для хранения, а также высокая загрузка станций являются ключом к достижению конкурентоспособности.

Вышеприведенный анализ свидетельствует о том, что BEV и FCEV могут дополнять друг друга в качестве альтернативных вариантов, удовлетворяющих запросам различных потребителей. Причем BEV обеспечивают наилучшие возможности для транспортных средств, перемещающихся на большие расстояния, удовлетворяя требованиям к быстрой заправке в регионах с доступом к дешёвому водороду.

### **Совокупная стоимость владения транспортными средствами средней и большой грузоподъёмности**

Сегмент большегрузных перевозок на большие расстояния, включая грузовые автомобили и междугородные автобусы, открывает широкие перспективы для использования водорода, поскольку он может быть эффективен для больших

13. С дополнительной информацией о сделанных предположениях можно ознакомиться по следующему адресу: [www.iea.org/hydrogen2019](http://www.iea.org/hydrogen2019).

габаритов и высокой мощности. В результате FCEV для тяжёлых условий эксплуатации, как правило, в большей степени способны конкурировать с BEV, чем с автомобилями. Использование электромобилей для организации как региональных автобусных перевозок, так и большегрузных грузоперевозок сталкивается с серьёзными проблемами, связанными с потребностью в большей ёмкости аккумулятора, длительным временем зарядки и высокими требованиями к мощности, что приводит к потере полезной нагрузки и дополнительным расходам на инфраструктуру. Некоторых из этих проблем лишены топливные электромобили.

В случае большегрузных транспортных средств стоимость топливных элементов выше, чем при использовании транспортных средств малой грузоподъёмности, главным образом в связи с высокими требованиями к долговечности (за счёт увеличения нагрузки на катализатор, что приводит к более высоким затратам). Будущие затраты на систему топливных элементов для грузовых автомобилей большой грузоподъёмности оцениваются в 95 долл. США за кВт при объёме производства 100 000 единиц в год (министерство энергетики США, 2019 год). Даже при нынешних затратах на топливные элементы FCEV могут в целом конкурировать с BEV в тяжёлых условиях эксплуатации при дальности свыше 600 км, если водород будет поставляться по цене менее 7 долл./кгH<sub>2</sub>. Хотя точная цена на водород, по которой они становятся конкурентоспособными, зависит от общего годового пробега и других эксплуатационных характеристик.

Варианты силовых агрегатов и топлива для декарбонизации большегрузных дальнемагистральных грузоперевозок включают FCEV, аккумуляторные электромобили, динамическую зарядку (наиболее коммерчески продвинутый и самый недорогой вариант на существующих дорогах) и обычные дизельные гибриды с использованием синтетического топлива (или современного биотоплива). На рис. 7 рассматриваются дизельные гибриды с радиусом действия 25 км. Можно предположить, что существует целый ряд низкоуглеродных силовых агрегатов: гибридные электромобили, BEV с топливными элементами, увеличивающими пробег, или без них. Все они могут быть спроектированы и заказаны с учётом различных характеристик.

Расходы на топливо составляют примерно половину совокупной стоимости владения большегрузными автомобилями, поэтому основное внимание при их конкурентоспособности должно уделяться снижению цены на водород.

Снижение расходов на топливные элементы до 95 долл./кВт может привести к тому, что грузовики на водородных топливных элементах в сегменте тяжёлых условий эксплуатации будут конкурентоспособными по сравнению с дизельными гибридными грузовиками по цене водорода около 7 долл./кгH<sub>2</sub>, а при цене 5 долл./кг они смогут конкурировать с грузовиком ICE, работающим на дизельном топливе. Однако для того, чтобы электромобили на топливных элементах могли конкурировать с электродорожными системами (электрифицированные линии) или электромобилей с аккумуляторами на дальности менее 500 км, цена на водород должна составлять менее 5 долл./кгH<sub>2</sub>.

Ввиду ограниченности рынка грузовых автомобилей достижение этого целевого показателя затрат на топливные элементы может оказаться невозможным при

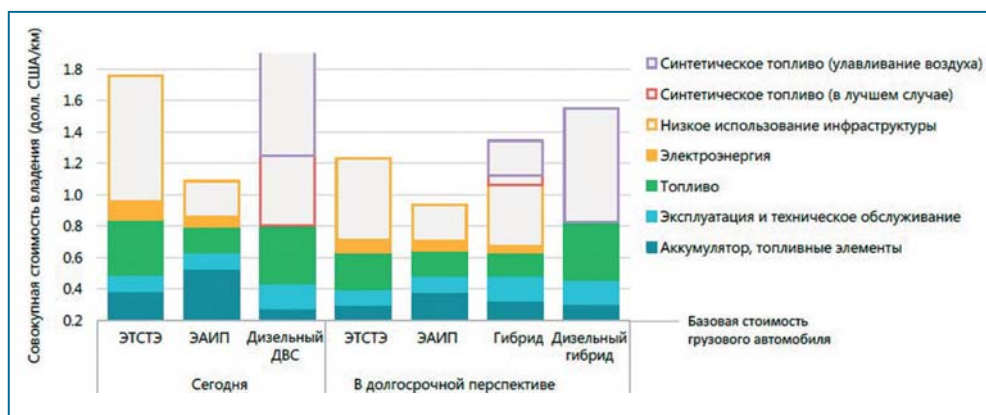


Рис. 7. Текущая и будущая совокупная стоимость владения альтернативами топлива/трансмиссии применительно к грузовому автомобилю<sup>14</sup>

Источник: IEA 2019

внедрении исключительно в рассматриваемом сегменте рынка и, скорее всего, будет зависеть от более широкого внедрения водорода на транспорте. Производство топливных элементов для небольших мобильных устройств, таких как вилочные погрузчики, также может помочь снизить расходы, но поскольку требования к мощности этого оборудования, как правило, меньше на одну треть, чем для легковых автомобилей, для снижения затрат ниже 80 долл. США потребуются высокие объёмы производства примерно в 3 000 единиц в год.

Что касается грузовых автомобилей (а также автобусов), то стоимость инфраструктуры может быть уменьшена за счёт тщательного выбора местоположения заправочной инфраструктуры: специализированный парк, работающий на стационарных маршрутах, мог бы заправляться на одной централизованной водородной заправочной станции. Поскольку нефтеперерабатывающие заводы и промышленные кластеры часто располагаются в портах, то портовые операции (и погрузочно-разгрузочное оборудование) обеспечивают ещё более привлекательные точки роста. Об эффективности этих стратегий свидетельствует быстрое внедрение электробусов и грузовых автомобилей, работающих на водородных топливных элементах, в Китае, где конкурентоспособность транспортных компаний средней и большой грузоподъёмности значительно укрепилась благодаря доступу к дешёвому водороду и достижению высоких коэффициентов использования заправочных станций.

*Окончание в следующем номере.*

14. Инфраструктура охватывает станции, пункты зарядки и линии связи. С дополнительной информацией о сделанных предположениях можно ознакомиться по следующему адресу: [www.iea.org/hydrogen2019](http://www.iea.org/hydrogen2019).



## Электрошок или метановая диета?

32

Е.Н. Пронин, координатор проекта «Голубой коридор»

Какое из альтернативных видов топлива в настоящее время является экологически наиболее безопасным? Ответ на это вопрос ищут учёные, эксплуатационники и политики. Однозначного, то есть приемлемого для всех ответа нет и не может быть.

В последние годы поднялась политическая компания по лоббированию электричества и топлива из возобновляемых источников. На поддержку и продвижение электропривода, гибридов, биогаза брошены значительные средства. Главным образом из кошельков налогоплательщиков. О справедливой конкуренции речь не идёт. Факты о свойствах различных видов топлива и последствиях их применения либо замалчивают, либо фальсифицируют. В частности, речь идёт о дискриминации природного газа. Политическая некорректность по отношению к нему вызывает недоумение и даже улыбку. Доходит до смешного. Во время подготовки пребывания автопробега «Голубой коридор – 2019» в Брюсселе первоначально планировалось пригласить депутатов и чиновников Евросоюза на завтрак. Есть такая протокольная форма общения, во время которой участники открыто обмениваются мнениями. Удобно, кстати, на мой взгляд. С 8 до 9 утра поговорили, позиции обозначили, выпили по стаканчику сока и пошли заниматься другими делами. В 2012 году, когда автопробег первый раз прошёл через Брюссель, мы провели такое мероприятие. Так вот, в 2019 году новые европолитики (состав обновился), услышав, что речь пойдёт про использование природного газа на транспорте, испугались и решили сесть на диету... От завтрака с нами они отказались. Вдруг мы бы стали спрашивать, чем же так электричество, которое в том числе в Европе получают порой из угля, лучше газа? Да и цену вопроса избранные европейского народа обсуждать страшатся. И про то, откуда в «очищенные» от углеводородов города придёт электричество, говорить не хотят. Уж лучше не завтракать с газонавтами, чтобы не навредить своей политической фигуре.

А бояться есть чего. Правда – за природным газом. Об этом все знают, но в основном помалкивают. Сейчас только начинают раздаваться отдельные (пока отдельные) голоса с альтернативными словами. Так, 26 августа немецкая газета Handelsblatt осмелилась сказать правду. По заказу крупнейшего в Европе общественного автомобильного клуба ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V.) было выполнено исследование общих выбросов углекислого газа от различных видов моторного топлива и привода. Объектом моделирования стал легковой автомобиль гольф-класса с годовым пробегом 15 тыс. километров в год и сроком эксплуатации 15 лет. Учёные исследовательского института Joanneum Research продлили известные жизненные циклы «бак – колесо» (tank-to-wheel) и «скважина – колесо» (well-to-wheel), включив в них этап полной утилизации автомобиля и его компонентов. Они, так сказать, рассмотрели его «от рождения до смерти» и дополнили набор оцениваемых параметров анализом выбросов углекислого газа в полном жизненном цикле моторного топлива, а также производства, эксплуатации и утилизации транспортного средства и его компонентов. В исследовании учтены также выбросы парниковых газов при транспортировке топлива до клиента.

Вывод исследователей не требует комментария: природный газ в настоящее время является наименее вредным автомобильным топливом для климата. Второе место поделили электричество и дизельное топливо. Третье досталось бензину.

Также представляется уместным энергетический и ценовой аудит всех видов топлива. Настало время включить мозги, сократить (до лучших времён) долю электрошоковой терапии и добавить в программу оздоровления транспорта метановую диету.

## Обзор российских СМИ

### Во властных структурах

16 сентября состоялось заседание постоянной комиссии по промышленности, экономике и предпринимательству Законодательного Собрания Санкт-Петербурга (ЗакС). Как сообщила пресс-служба ЗакС, комиссия рекомендовала депутатам принять за основу проект закона «О внесении изменений в Закон Санкт-Петербурга «О налоговых льготах» и закон «О транспортном налоге», внесённый депутатами Сергеем Купченко и Надеждой Тихоновой.

Документом предлагается освободить от уплаты транспортного налога владельцев автомобилей, использующих газомоторное топливо. Фактически это означает налоговые каникулы для них.

В целом законопроект имеет своей целью стимулирование перевода транспорта Северной столицы на более чистые с точки зрения экологии виды топлива.

Ранее сообщалось о том, что отмена транспортного налога для любых владельцев газомоторных машин укладывается в канву последних государственных инициатив по переводу транспорта на газ.

<https://spbdnevnik.ru/news/2019-09-16>

\*\*\*

20 августа 2019 года Минэнерго России, Росстандарт, РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина и Международная ассоциация «Антиконтрафакт» подписали соглашение о взаимодействии в координации усилий и создании условий по предупреждению и пресечению нарушений в области качества и соответствия установленным нормам реализуемого на внутреннем российском рынке топлива, включая авиационное и газомоторное.

\*\*\*

В рамках энергодиалога Россия – Япония Минэнерго РФ, Минпромторг РФ, Минтранс РФ, ГК «Росатом», Министерство экономики, торговли и промышленности Японии провели семинар с участием отраслевых экспертов и представителей ведущих отечественных и японских компаний-автопроизводителей по вопросам использования экологически чистых видов топлива на транспорте – природного газа, водорода, электричества.

Стороны договорились с учётом обозначенных национальных приоритетов продолжить обмен опытом в данной сфере, а также рассмотреть возможности углубления сотрудничества между компаниями двух стран.

Представители российской делегации посетили предприятия по производству водорода для автомобилей на топливных элементах, автозавод компании ISUZU в городе Фуджисава, где ведётся разработка и производство тягачей на СПГ.



\*\*\*

Минпромторг и Минэнерго приняли участие в разработке плана мероприятий развития рынка газомоторного топлива на 2019-2024 гг. Одна из ключевых задач – «синхронизировать развитие парка газомоторных транспортных средств, мощностей по производству газомоторного топлива, газотранспортной и сервисной инфраструктуры».

### Льготы

Правительство РФ рассматривает возможность ежегодных субсидий производителям газомоторного транспорта в размере 5 млрд рублей. Предоставление субсидий регулирует Постановление правительства РФ от 12 июля 2016 г. № 667. В 2019 году в постановление были внесены изменения («О внесении изменений в постановление» от 7 июня 2019 г. № 734), где говорится о реализации в 2019 году не менее 2500 единиц техники на ГМТ и финансировании из федерального бюджета на три года. Размер субсидий сократится до 2,5 млрд рублей, однако правительство рассмотрит возможность увеличения до 5 млрд рублей ежегодно.

Производителям газомоторной техники предлагается также использовать механизм субсидий лизинговым компаниям – для возмещения скидки лизингополучателям газомоторной техники на авансовый платеж.

В 2017-2018 гг. на субсидии было выделено почти 5 млрд рублей. А за период с 2014 по 2018 г. общий объем предоставленных субсидий составил 20 млрд рублей (в среднем 4 млрд рублей в год).

\*\*\*

Балльную систему предоставления субсидий автопроизводителям, закрепленную Постановлением правительства о локализации № 719, могут распространить на производителей электротранспорта и газомоторных автомобилей. Предыдущая версия постановления содержала только список подлежащих локализации компонентов. Сейчас в документ включена всеобъемлющая таблица начисления баллов за локализацию компонентов и операций.

\*\*\*

Перевозчикам предстоит сделать выбор: покупать машины по реальной стоимости, или ожидать увеличения субсидий.

Автопроизводители и дилеры просят продлить господдержку спроса, так как считают, что меры господдержки должны носить не разовый, а системный долгосрочный характер и быть направлены на реализацию планов и задач стратегии развития автопрома. Необходимо продолжать программы льготного лизинга для клиентов и льготного кредитования, программы развития газомоторной техники, которые позволят бизнесу улучшать свои показатели и параметры по эффективности, а также параллельно развивать газовую инфраструктуру.

\*\*\*

КАМАЗ сообщает о существенных потерях в сегменте магистральных тягачей. Основной упор был сделан на газодизельные автомобили, но государственная субсидия на этот вид техники была в размере 2,5 млрд рублей и по факту уже израсходована.

## Компании

Новая рекламная кампания ПАО «Газпром» на телевидении будет посвящена популяризации природного газа (метана) в качестве моторного топлива и укреплению имиджа компании как лидера в развитии рынка газомоторного топлива. Телевизионные ролики призваны продемонстрировать современную динамично развивающуюся компанию мирового уровня, принимающую активное участие в крупнейших мировых проектах.



## Сжиженный природный газ

ООО «РусТЭК Индустрия» зарегистрировано в 2014 году в Москве. Основной вид деятельности компании – оптовая торговля машинами, приборами, аппаратурой и оборудованием общепромышленного и специального назначения.

Компания планирует строительство мини-завода по производству СПГ в Белгородской области. Объем инвестиций по проекту составляет 1,5 млрд рублей. Мощность будущего предприятия будет зависеть от потребности региона в газомоторном топливе.

Белгородская область стала одним из пилотных регионов по развитию рынка газомоторного топлива в РФ. Областное правительство намерено расширить сеть газозаправочных станций и сервисных центров по переводу автомобилей на ГМТ. До конца 2021 года в области число АГНКС должно увеличиться с восьми (четыре принадлежат ПАО «Газпром», четыре – частные) до 39 (11 – ПАО «Газпром», 12 – частные). До 2022 года регион рассчитывает довести ежегодное потребление газомоторного топлива до 200 млн кубометров.

## Инфраструктура

«Роснефть» и госкорпорация «Ростех» заключили соглашение о сотрудничестве в области развития рынка газомоторного топлива. По условиям соглашения стороны подготовят пул проектов: по дооснащению АЗС «Роснефти» оборудованием, произведенным предприятиями «Ростеха», для комбинированной реализации СПГ и КПП в качестве моторного топлива; по сервисному обслуживанию оборудования, необходимого для хранения и реализации газомоторного топлива; по внедрению и применению современных высококачественных инновационных материалов и технологий госкорпорации «Ростех».

«Роснефть» планирует создание газозаправочной инфраструктуры в регионах РФ в соответствии с потребностями рынка. Для этого реализуется Программа по развитию сбытовой сети КПП. В 2018 году компания заключила соглашение о совместном проекте с Beijing Gas (Китай) по развитию газозаправочной сети. В рамках проекта в России к 2028 году будут построены 170 АГНКС. Кроме этого, «Роснефть» планирует дооснащение действующей сети АЗС 80 модулями реализации КПП.

\*\*\*

Минэнерго поставило перед Тамбовской областью задачу к 2024 году увеличить количество заправок транспорта на газомоторном топливе до 17 ед., сообщил заместитель начальника регионального управления автомобильных дорог и транспорта области Виктор Вакульчик на заседании комитета областной думы.

На сегодняшний день в регионе действует две такие станции, прорабатывается вопрос об открытии ещё одной на улице Монтажников в областном центре. Кроме того, в работе ещё два участка под строительство – в Тамбове и Моршанске.

До 2024 года на развитие использования газомоторного топлива в области направят около 1,5 млрд рублей.

\*\*\*

Продолжается работа по расширению рынка газомоторного топлива в Санкт-Петербурге. В настоящее время в городе действуют шесть газозаправочных объектов. До конца 2019 года планируется завершить строительство АГНКС на ул. Фучика. Кроме того, на Придорожной аллее планируется открыть площадку для размещения передвижного автогазозаправщика. Основными потребителями здесь будут автобусы, работающие на пригородных маршрутах в направлении г. Приозёрска и г. Соснового Бора.

В настоящее время завершено проектирование АГНКС на ул. Финляндской (г. Колпино). Ведётся разработка проектной документации для станций на улицах Ворошилова, Караваевской, Народной, Ново-Никитской, а также на пересечении Загородной улицы и Саперного переулка (г. Колпино).

\*\*\*

На прошедшем заседании комитета по аграрным вопросам, экологии и природопользованию Тамбовской областной Думы рассматривалась проблема нехватки газовых заправок в регионе. По итогам встречи было принято решение о строительстве 17 АГНКС к 2024 году. К настоящему моменту область располагает только двумя подобными заправками.

В Тамбовской области уделяется особое внимание расширению использования ГМТ на транспорте. Сейчас в регионе насчитывается 65 автобусов с двигателями на газе.

\*\*\*

В Оренбурге введена в эксплуатацию новая АГНКС «Газпром». Это десятый газозаправочный объект компании в регионе.

Проектная мощность газозаправочного объекта составляет 7 млн кубометров природного газа в год, пропускная способность – до 300 единиц техники в сутки. Газозаправочная станция оборудована двумя заправочными колонками, которые одновременно могут заправлять четыре транспортных средства.

Одновременно с развитием газозаправочной инфраструктуры в Оренбургской области ведётся работа по увеличению парка техники на природном газе. В рамках маркетинговых программ ООО «Газпром газомоторное топливо» переоборудовано 287 единиц техники, регионом закуплено 45 единиц техники на природном газе.

### Газомоторная техника

Шведский автопроизводитель Scania предлагает установить льготу на уплату сбора в системе взимания платы с грузовиков «Платон» для газомоторного

транспорта. Компания уже сертифицировала для российского рынка автомобили, использующие сжиженный газ в качестве моторного топлива.

Всего в РФ эксплуатируется около 400 грузовиков и около 50 автобусов совместного производства с «ЛиАЗом», которые потребляют примерно 30 млн кубометров российского газа.

Россия может ускорить распространение газомоторного топлива, развивая сеть заправочных станций, и привлекая новых пользователей, обнулив сбор в системе «Платон» для газомоторных автомобилей.

## Морской транспорт

Крыловский государственный научный центр (КГНЦ) продолжает разработку технического проекта ледокола на СПГ по заказу «Росморпорта».

20 августа КГНЦ проинформировал о проведении закупки у единственного исполнителя научно-исследовательской работы «Обеспечение прочности корпуса и пропульсивного комплекса ледокола мощностью 12-14 МВт, класс Icebreaker 7». Наименование поставщика услуг не разглашается, стоимость работ составит 6 млн рублей.

Ещё раньше, в феврале 2019 года, КГНЦ был признан победителем запроса предложений на разработку технического проекта ледокола на СПГ мощностью 12-14 МВт ледового класса Icebreaker 7.

\*\*\*

Делегация группы «Совкомфлот» приняла участие в международной отраслевой конференции Shanghai LNG Forum. «Совкомфлот» продемонстрировал свои СПГ-возможности во время визита в Китай.

Гостями Shanghai LNG Forum стали представители ведущих мировых компаний, занятых в производстве и транспортировке СПГ, обсуждавшие проблематику развития отрасли и её ключевые тенденции.

Отечественная компания рассказала о перспективах использования СПГ в качестве судового топлива и возможностях его транспортировки по Северному морскому пути, а также об эксплуатации танкеров-газовозов ледового класса Arc7.

\*\*\*

Классификационное общество Российский морской регистр судоходства (РС) обновил правила классификации и постройки судов для перевозки сжиженных газов наливом. РС внёс в правила ряд изменений, в основе которых лежат новые международные требования, а также опыт технического наблюдения РС за проектированием и постройкой судов для перевозки сжиженного природного газа на верфях в Южной Корее.

В сравнении с редакцией 2016 года добавлены требования к применению расчётных методик при определении нагрузок на стенки мембранных ёмкостей при плескании, доработана часть, посвящённая материалам и сварке с учётом современных требований, переработана часть, посвящённая хранению груза в соответствии с международными документами.



# Обзор международного рынка ГМТ

38

## НОВАЯ ТЕХНИКА

### Белоруссия

Белоруссия готова к расширению сотрудничества с Узбекистаном путём реализации совместных инвестиционных проектов. Так, Белоруссия предлагает реализовать в Узбекистане масштабный проект с высокой степенью локализации по созданию производства грузовой, специальной и прицепной техники, автобусов на газомоторном топливе. Участником проекта может стать МАЗ.

### Индия

Модель Celerio с технологией iGPI – популярна на рынке. Газовая модификация в модельном ряду предоставляет покупателю возможность выбора топлива.

Министерство нефти и природного газа Индии предлагает производителям начать выпуск автомобилей на сжатом природном газе (СПГ) с целью увеличения их продаж. Также Индия намерена снижать негативное влияние на окружающую среду угольных тепловых электростанций за счёт замещения их на газовые.

В области автотранспорта энергетическая стратегия Индии предусматривает продажи только электромобилей с 2030 года. Железнодорожный и морской транспорт планируется перевести на СПГ, скутеры и мотоциклы – на КПП. Пилотные проекты уже реализуются в Нью Дели и Мумбаи.



К 2020 году в городе Ранчи (штат Джаркхард на востоке Индии) индийская газовая компания GAIL построит 11 АГНКС, рассчитанные на обслуживание 75 тыс. автомобилей. Власти штата проводят широкую кампанию для информирования автовладельцев и водителей такси о реализации программ, обеспечивающих плавный переход на использование КПП в качестве моторного топлива.

Крупнейший автопроизводитель Индии Maruti Suzuki India (MSI) рассматривает возможность выпуска небольших автомобилей на КПП, которые в будущем займут место дизельных. Продажу дизельных автомобилей компания планирует прекратить с апреля 2020 года. Это связано с введением новых норм выбросов

и повышением их стоимости. Сейчас доля продаж дизельных автомобилей MSI на внутреннем рынке составляет 23 %.

Модели на КПП – Alto 800, Celerio, Wagon R SX4, Eeco, которые производит MSI, пользуются спросом у покупателей. Заводская технология iGPI (intelligent Gas Port Injection), система интеллектуального газового впрыска, обеспечивает плавность движения автомобиля и лёгкость его обслуживания, что способствует укреплению позиций бренда.

## ИНФРАСТРУКТУРА

### Эстония

«В ближайшие 3-5 лет на дорогах Эстонии появятся от 30 до 40 тысяч автомобилей с двигателями на КПП», – заявил член правления концерна Alexela Group Марти Хяэль.

Эстонский частный концерн Alexela Group инвестирует 50 млн евро в строительство автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Сейчас в Эстонии 17 действующих АГНКС. По оценке концерна, примерно через пять лет в Эстонии будут работать 50 заправок. В ближайшие 10-20 лет газомоторное топливо станет самой дешёвой альтернативой традиционным видам моторного топлива.

Alexela работает в трёх сферах: энергетика, металлообрабатывающая промышленность и недвижимость. Компания начала действовать в 1993 году как предприятие по розничной продаже топлива AS Alexela Oil. К настоящему времени компания владеет самой большой сетью бензозаправочных станций в Эстонии (104 АЗС). Также в концерн входят терминал нефтепродуктов в Палдиски, терминалы по перевалке нефти и СПГ, сеть газозаправочных станций (бывшая Reola Gaas, купленная у финской Neste Oil в 2011 году), производитель сланцевого масла Kivioli Keemiatoostuse, энергетические и газовые сети, завод по обработке металлов Paldiski Tsingipada, завод прицепов Bestnet, а также OmaKoduMaja (разработчик проектов промышленных парков). Основным бенефициаром концерна является эстонский бизнесмен Хейти Хяэль.

### Великобритания

Компания Škoda представила новую модификацию хэтчбека Scala для полиции Великобритании. Полицейская Škoda Scala имеет специальную ливрею, светодиодные проблесковые маячки и сирену. Автомобиль оснащён адаптивным круиз-контролем, системой удержания в полосе движения и системой мониторинга слепых зон. Кроме полиции, Škoda Scala получают и другие экстренные службы Великобритании. Среди них – скорая помощь и пожарная служба.

Škoda Scala может комплектоваться двухтопливным двигателем G-TEC, который потребляет СПГ и бензин. Стальные топливные баки установлены в нижней части кузова автомобиля. Ёмкости вмещают 13,8 кг топлива на 410 км пути.





Автомобиль имеет компактный бензобак на 9 л, обеспечивающий дополнительные 220 км пробега. Максимальный запас хода автомобиля составляет 630 км.

Škoda Scala дебютировала в начале декабря 2018 года на специальном мероприятии в Тель-Авиве. Новинка стала первой моделью чешской марки с модульным шасси MQB-A0 концерна Volkswagen.

### МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ

«Будущее за малотоннажным СПГ. Чтобы добиться успеха, крупным энергетическим компаниям следует найти решения, как доставлять СПГ в районы, где может отсутствовать инфраструктура, но растёт спрос», – считают в компании Enerdynamic (Канада).

В настоящее время строится 18 круизных лайнеров, работающих на СПГ. Цепочка поставок топлива идёт в ногу со временем, чтобы удовлетворить спрос на СПГ, который растёт.

Однако для обслуживания растущего флота круизных судов на СПГ, не говоря уже о контейнеровозах и других судах, которые переоборудованы или спроектированы с нуля на природном газе с целью уменьшения уровня вредных выбросов, недостаточно шести судов-бункеровщиков, которые сейчас эксплуатируются в мире.

\*\*\*

«Для нас задача – получить топливо там, где это необходимо. Carnival решает проблемы в рамках контракта с Shell. Shell создает инфраструктуру, которая будет развиваться по мере того, как всё больше судов компании переводятся на СПГ», – считает вице-президент Carnival по морским вопросам Том Стренг.

По прогнозам консалтинговой компании McKinsey на 2035 год, спрос по природному газу и СПГ в судоходной отрасли будет расти впечатляющими темпами – 3 % в год. Рост общего спроса на газ прогнозируется на уровне 1 % в год. Однако широкое использование СПГ в качестве топлива для морских перевозок ограничивается в первую очередь неразвитой инфраструктурой бункеровки СПГ.

Чтобы удовлетворить растущий спрос, необходимо развивать инфраструктуру ускоренными темпами, так как ключевой фактор, определяющий спрос, – более низкая стоимость СПГ по сравнению с низкосернистым топливом (VLSFO). Во всех прогнозных сценариях СПГ остаётся гораздо более экономичным вариантом для потребителей, чем VLSFO, по ряду причин. Поэтому необходимо как можно быстрее ликвидировать пробелы в цепочке поставок. И это, похоже, происходит.

### Испания

Как утверждает директор по оптовым продажам Repsol Лора Рейон Перес, «газ – это ключевое альтернативное топливо в энергетическом переходе».

Компания Repsol (Испания) развивает бункеровочные услуги в Средиземном море для обеспечения в долгосрочной перспективе поставками СПГ судов компании Brittany Ferries. К вводу в эксплуатацию в 2022 году второго судна Salamanka, работающего на СПГ, Repsol планирует построить бункеровочные станции в тех портах Испании, где есть спрос на этот вид топлива.

Repsol – не новичок в бункеровке СПГ, но сейчас компания планирует масштабное расширение инфраструктуры СПГ в портах Средиземного моря. Repsol реализует проекты строительства для хранения СПГ в портах Сантандере и Бильбао для бесперебойного снабжения топливом пассажирских паромов Brittany Ferries.

Регулярные рейсы поддерживают жизнеспособность береговой инфраструктуры. Постоянный уровень активности на морских маршрутах гарантирует выполнение средне- и долгосрочных контрактов. Испания готова сыграть важную роль в создании региональной цепочки поставок СПГ.

## Италия

«Число операторов судов, которые будут переходить на СПГ, начнёт расти только в случае их уверенности в доступности топлива. Что требуют судовладельцы больше всего – это возможность получить топливо, когда им нужно. А сегодня этого нет. Перевод судов на СПГ тормозится из-за отсутствия вариантов бункеровки», – уверен исполнительный директор Avenir LNG Эндрю Пикеринг.

Основная проблема в использовании СПГ в качестве морского топлива – это обеспечение на судоходных линиях. До сих пор инфраструктура бункеровки развивалась главным образом в Северной Америке и Северной Европе.

Как указывает классификационное общество DNV GL, разрывы в цепочке поставок будут значительными, особенно в случае сравнительно небольших объёмов и удалённых мест.

Avenir LNG стремится стать основным поставщиком малотоннажного СПГ и планирует начать эксплуатацию двух двухтопливных бункеровочных судов в конце 2019-го и начале 2020 года, ещё двух – в конце 2020 года. Avenir совместно с Stolt-Nielsen, Golar LNG и Høeg LNG инвестирует 182 млн долл. США в инфраструктуру бункеровки, в том числе в проект в Ористано (Сардиния), который планируется завершить в середине 2020 года. Avenir LNG считает, что решение проблемы – поставки СПГ в порты, где нет трубопроводов.

Если крупные терминалы не настроены сотрудничать с небольшими компаниями, то Avenir надеется исправить это, используя плавучие хранилища и регазификационные установки, размещая их вблизи областей с ограниченными возможностями для поставок, обеспечивая таким образом мелких потребителей.

## Китай

На Kerrel Shipyard в Наньтуне (Китай) 20 июля состоялся спуск на воду первого из четырёх бункеровочных судов Avenir LNG вместимостью 7,5 тыс. кубометров, предназначенного для проекта в Санта-Джуста (Ористано, Сардиния). Другие суда планируется эксплуатировать в Северной Европе и в регионах мира, где развитие судоходства на СПГ проходит более интенсивно.



\*\*\*

В Шанхае на заводе «Цзяннань-Чансин», входящем в состав государственной судостроительной корпорации China Shipbuilding State Corporation, идёт строительство серии новейших эсминцев проекта «055» (класс «Наньчан»), предназначенных для ВМС Народно-освободительной армии Китая. Прототипом газовой турбины QC-280 местного производства, «сердца» корабля с полным водоизмещением около 13 тыс. тонн, послужили образцы UGT-25000 украинского производства.



В период потепления отношений между КНР и США китайские эсминцы оснащались газовыми турбинами типа LM-2500, отлично зарекомендовавшими себя. Однако позже Вашингтон ввёл эмбарго на военные поставки.

КНР приобрела десять газовых турбин UGT-25000, к которым прилагался полный комплект технической документации. Пекин не пошёл путём безрассудного копирования, а провёл целый комплекс научно-исследовательских работ, позволивших в итоге устранить ряд недостатков. Например, в отличие

от оригинала работа установки не сопровождается выбросом густого чёрного дыма. В итоге появилась турбина QC-280, степень локализации производства которой в настоящее время превысила 95 %.

### Южная Корея

Южная Корея может потеснить компанию GTT на рынке систем хранения СПГ уже в следующем году. Эта французская компания занимает порядка 92 % рынка систем хранения сжиженного природного газа. Большинство газозов на сегодняшний день оборудованы системами компании.

Южнокорейские верфи недовольны сложившейся ситуацией, поскольку около 5 % стоимости судна идёт на оплату роялти GTT за использование технологии компании, что сказывается заметным образом на прибыли и стало стимулом для разработки собственных систем.

Совместно с государственной компанией Korea Gas Corp. (KOGAS) верфи Южной Кореи разработали систему KC-1, в которой позднее были выявлены серьёзные дефекты.

В 2017 году компания Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. представила рынку систему Solidus, которая недавно получила одобрение регистра Ллойда и классификационного общества DNV GL (Норвегия). Именно Solidus начнёт теснить GTT в следующем году, хотя для того, чтобы дорасти до уровня лидера, потребуется не менее 10 лет.

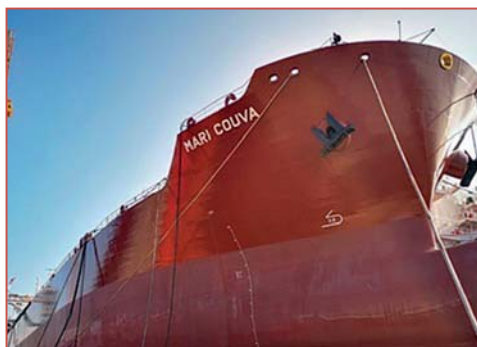
Эксперты заявляют, что южнокорейские компании должны использовать отечественные системы на своих судах.

Недавно в системе GTT Mark III Flex Plus также были обнаружены дефекты, из-за чего на южнокорейскую продукцию обратили внимание и европейские компании.

## Канада

«К концу 2019 года примерно 40 % судов компании будут использовать в качестве топлива метанол», – считает президент компании Waterfront Shipping Ltd. Пол Хекстер.

Южнокорейская верфь Hyundai Mipo Dockyard (HMD) спустила на воду два новых инновационных танкера – Mari Couva и Mari Kokako, которые будут работать на метаноле. Суда строятся для канадской судоходной компании Waterfront Shipping Company Ltd. (Ванкувер, дочерняя структура Methanex Corporation) и шведской Marininvest/Skagerack Invest (Marinvest).



Два новых судна, вместе с ещё двумя, которые будут переданы Waterfront Shipping к концу 2019 года, соответствуют стандартам выбросов IMO Tier-3 без необходимости использовать установки для очистки выхлопных газов.

## Великобритания

Containerships представил свой новый контейнеровоз, работающий на СПГ, – Containerships Aurora. Судно строится на верфи Wenchong в Гуанчжоу (Китай). Церемонию имянаречения планируется провести в Роттердаме.

На данный момент Containerships эксплуатирует два контейнеровоза на СПГ – Containerships Nord и Containerships Polar. В октябре прошлого года на верфи Wenchong начато производство пятого и шестого СПГ-контейнеровозов – Containerships Finn и Containerships Balt. Контракт на их строительство компания подписала летом 2018 года.



## Филиппины

На Филиппинах на верфи Metallica Shipyard строят судно тримаран, которое будет работать на энергии волн. Использование энергии волн призвано сократить операционные расходы на эксплуатацию судна.

Гибридный тримаран готов на 50 % и будет сдан в эксплуатацию в 2020 году.



### Финляндия

В Финляндии на верфи Meyer Turku состоялась церемония резки стали для второго судна для Costa Cruises. Судно Costa Toscana будет иметь тоннаж 180 тыс. тонн. Первое судно нового проекта Costa Smeralda спустили на воду ранее в этом году.

Всего до 2023 года во флоте Costa Cruises должно появиться 7 новых судов. Costa Toscana на сжиженном природном газе будет передана заказчику в 2021 году.



### Швеция

Катер на водороде получит имя HydroCat, он оборудован двумя двигателями (1000 л.с.) и будет передвигаться со скоростью 25 узлов. В день судно будет потреблять до 170 кг водорода.

Шведская Vattenfall подписала контракт с верфью Windcat Workboats на строительство этого быстроходного судна для доставки персонала на будущую морскую ветроэлектростанцию Hollandse Kust Zuid 1&2, которая будет возведена в нидерландском секторе Северного моря.

В случае успешной реализации проекта Vattenfall станет одним из первых эксплуатантов судов на водородном топливе, построенных Windcat. Проект судна планируется завершить в третьем квартале 2020 года.

Морской ветропарк Hollandse Kust Zuid 1&2 будет находиться в 22 км от побережья и станет первым в мире проектом морской ветроэнергетики, построенным без государственных субсидий. Ввод в эксплуатацию запланирован на 2022 год.



### США

Добыча природного газа в США продолжает расти, СПГ быстро становится одновременно чистой и конкурентоспособной альтернативой традиционным видам топлива.

Американская компания NorthStar Midstream объявила о создании Polaris New Energy (PNE), морской транспортной компании, которая будет обеспечивать поставки СПГ для бункеровки морского и речного транспорта.

PNE будет закупать СПГ у JAX LNG, нового СПГ-завода в Джексонвилле (штат Флорида), построенного NorthStar в партнёрстве с Pivotal LNG.

NorthStar заключила соглашение с Fincantieri Bay Shipbuilding на строительство трёх бункеровочных барж вместимостью 5,4 тыс. кубометров каждая для транспортировки СПГ в прибрежных зонах США. NorthStar будет перевозить СПГ вдоль восточного побережья США, обеспечивая компании, занятые в проектах бункеровки СПГ.

# Определение граничных условий экономической эффективности эксплуатации ПАГЗ

**В.Л. Зинин**, начальник отдела ПАО «Газпром», исполнительный директор Национальной газомоторной ассоциации, к.э.н.,

**А.Ю. Косарев**, заместитель директора центра – заведующий отделом ООО «НИИГазэкономика», к.э.н.,

**Т.И. Исмаилов**, заведующий отделом ООО «НИИГазэкономика», к.т.н.

В настоящее время на территории России эксплуатируется несколько десятков передвижных автомобильных газовых заправщиков. Для определения граничных условий экономической эффективности их применения на территории страны разработана специальная модель, позволяющая выполнять расчёт экономической эффективности проекта эксплуатации ПАГЗ как совокупности денежных потоков от операционной и инвестиционной деятельности. В работе описана данная модель.

**Ключевые слова:**

КПГ, ПАГЗ, экономическая модель, экономическая эффективность.

**В** настоящее время на территории России эксплуатируется несколько десятков передвижных автомобильных газовых заправщиков (ПАГЗ), основное назначение которых сводится к удовлетворению локального спроса на компримированный природный газ (КПГ) и подготовке рынка в местах перспективного размещения автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Для производителей газового моторного топлива (ГМТ) ПАГЗ предоставляют следующие возможности: расширить зону обслуживания; увеличить загрузку и рентабельность сети АГНКС; организовать сезонные и временные пункты заправки транспортных средств газом; доставлять газ практически в любую точку; снизить инвестиции и операционные затраты в проектах газификации потребителей. Для владельцев транспортных средств преимущество ПАГЗ заключается в снижении потерь времени и топлива при холостых пробегах до места заправки.

Эффективными областями применения ПАГЗ являются:

- замена АГНКС, строительство которой невозможно или экономически нецелесообразно;
- сглаживание суточного потребления газа на АГНКС;
- плановые ремонты и простои АГНКС;
- заправка газом транспортных средств в автомобильных и сельских хозяйствах;
- использование газа в качестве резервного энергоресурса.

На эффективность применения ПАГЗ оказывает влияние большое количество факторов внешней и внутренней среды, включая спрос на ГМТ и социально-экономическое развитие региона, стоимость оборудования и затраты на его эксплуатацию, природно-климатические и логистические условия. Для определения экономически эффективных областей применения ПАГЗ на территории России разработана модель, позволяющая выполнять расчёт экономической эффективности проекта эксплуатации ПАГЗ, как совокупности денежных потоков от операционной и инвестиционной деятельности, с позиции производителя ГМТ (рис. 1).



**Рис. 1.** Система моделирования экономической эффективности поставки КПГ потребителям с помощью ПАГЗ

Методическую основу оценки экономической эффективности инвестиций составляют:

- Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21.06.1999 № ВК 477);
- Методика оценки экономической эффективности инвестиционных проектов в форме капитальных вложений (утв. временно исполняющим обязанности председателя правления ОАО «Газпром» С.Ф. Хомяковым 09.09.2009 № 01/07-99).

В качестве исходных данных используются технико-экономические показатели эксплуатации ПАГЗ и объектов инфраструктуры (потребность в инвестициях и годовые затраты на эксплуатацию), макроэкономическое окружение (цены нефтяных моторных топлив и КПГ, стоимость сырьевого газа, налоговое законодательство РФ).

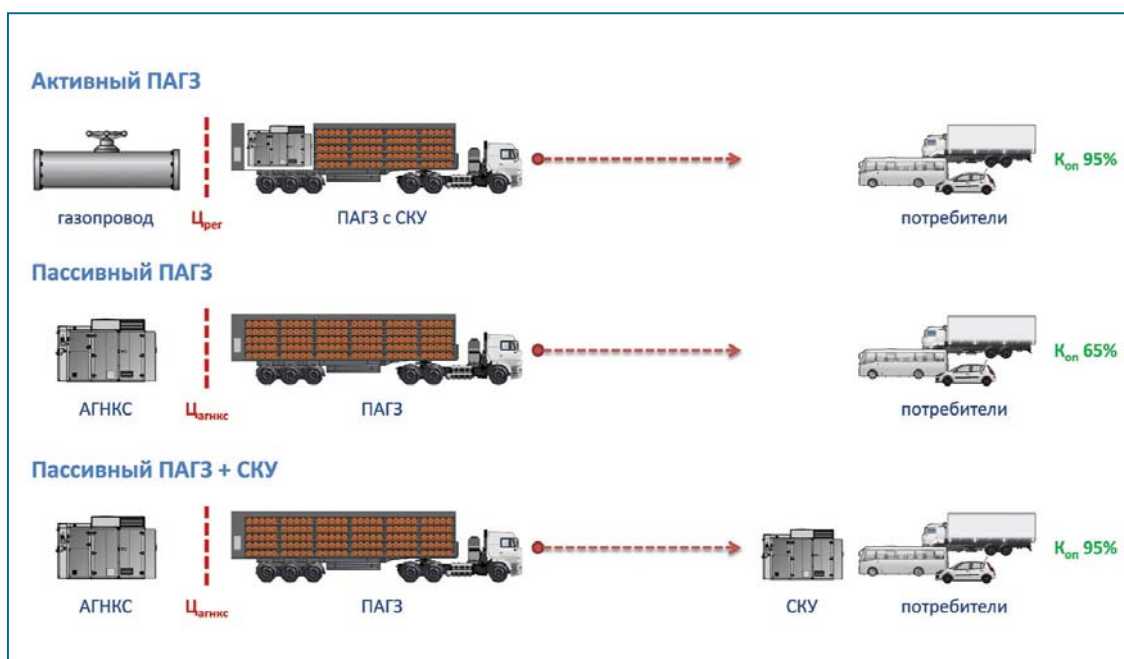
Ключевыми варьируемыми параметрами модели являются:

- «субъект РФ» – параметр, определяющий некоторые исходные региональные экономические характеристики модели, включая стоимость сырьевого газа, среднемесячную заработную плату, тарифы на электроэнергию и т.п.;
- «технологическая схема» – параметр, определяющий состав объектов бизнес-процесса и потребность в инвестициях;
- «дальность транспортировки» – параметр, определяющий условно-переменные эксплуатационные расходы ПАГЗ;

- «спрос на КПП» – параметр, определяющий доходную часть проекта и потребность в ПАГЗ;
- «организационная схема» – параметр, определяющий состав участников проекта и распределение затрат между ними.

Параметры «субъект РФ», «дальность транспортировки» и «спрос на КПП» не требуют дополнительных пояснений. Остановимся на технологической и организационной схеме реализации проекта.

На рис. 2 представлены возможные технологические схемы реализации проекта эксплуатации ПАГЗ.



**Рис. 2.** Технологические схемы поставки КПП конечным потребителям с помощью ПАГЗ:  $C_{\text{рег}}$  – регулируемая цена на газ ПАО «Газпром»;  $C_{\text{АГНКС}}$  – себестоимость производства КПП на АГНКС;  $K_{\text{оп}}$  – коэффициент опорожнения ПАГЗ

Модель учитывает три возможные технологические схемы поставки КПП конечным потребителям:

- «активный ПАГЗ» – заправка ПАГЗ осуществляется от газопровода с помощью стационарной компрессорной установки (СКУ), расположенной на борту ПАГЗ; реализация газа выполняется на специально оборудованной площадке у потребителей;
- «пассивный ПАГЗ» – заправка ПАГЗ осуществляется на АГНКС по себестоимости производства КПП на станции; реализация газа выполняется на специально оборудованной площадке у потребителей без установленной СКУ;
- «пассивный ПАГЗ + СКУ» – заправка ПАГЗ осуществляется на АГНКС; реализация газа выполняется на специально оборудованной площадке у потребителей с установленной СКУ, за счёт чего достигается более высокий уровень опорожнения ёмкостей по сравнению с предыдущей технологической схемой.

В таблице представлены возможные организационные схемы реализации проекта эксплуатации ПАГЗ.



## Структура капитальных и эксплуатационных затрат по вариантам создания площадки ПАГЗ

| Наименование             | Реализация проекта на базе АЗС                                                                                                                                                                           | Реализация проекта на базе специализированной компании |                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | Расходы АЗС                                                                                                                                                                                              | Расходы АЗС                                            | Расходы специализированной компании                                                                                                                                                                |
| Капитальные вложения     | <ul style="list-style-type: none"> <li>площадка ПАГЗ</li> <li>ПАГЗ</li> <li>тягачи</li> </ul>                                                                                                            | Площадка ПАГЗ                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>ПАГЗ</li> <li>тягачи</li> </ul>                                                                                                                             |
| Эксплуатационные затраты | <ul style="list-style-type: none"> <li>стоимость сырьевого газа</li> <li>затраты на эксплуатацию площадки ПАГЗ</li> <li>затраты на эксплуатацию ПАГЗ</li> <li>затраты на эксплуатацию тягачей</li> </ul> | Затраты на эксплуатацию площадки ПАГЗ                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>стоимость сырьевого газа</li> <li>затраты на аренду площадки ПАГЗ</li> <li>затраты на эксплуатацию ПАГЗ</li> <li>затраты на эксплуатацию тягачей</li> </ul> |

Модель учитывает две возможные организационные схемы реализации проекта:

- реализация проекта на базе автомобильной заправочной станции (АЗС) – АЗС самостоятельно реализует инвестиционный проект в полном объеме (создание площадки ПАГЗ, приобретение и эксплуатация ПАГЗ и седельных тягачей);

- реализация проекта на базе специализированной компании – АЗС создаёт площадку ПАГЗ и сдаёт её в аренду специализированной компании, владеющей и эксплуатирующей ПАГЗ и тягачи.

Расчёт показателей экономической эффективности реализован средствами MS Excel. Функционал модели позволяет выполнять оценку показателей экономической эффективности проекта на базе специализированной компании или АЗС, а также расчёт цены реализации КПП в точке безубыточности дифференцированно:

- по субъектам РФ и вместимости ПАГЗ;
- по дальности транспортировки газа и вместимости ПАГЗ;
- по технологической схеме и вместимости ПАГЗ;
- по спросу на КПП.

Капитальные вложения в модели включают стоимость следующих составляющих:

- строительства площадки ПАГЗ;
- ПАГЗ;
- СКУ;
- седельных тягачей.

Потребность в ПАГЗ определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{ПАГЗ}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{V_{\text{ПАГЗ}}},$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточный объём потребления КПП, тыс. м<sup>3</sup>;  $V_{\text{ПАГЗ}}$  – вместимость ПАГЗ, тыс. м<sup>3</sup>.

Суточный объём потребления КПП рассчитывается из средней скорости заправки одного автомобиля, продолжительности рабочего времени и коэффициента использования ПАГЗ.

Потребность в седельных тягачах определяется по следующей формуле:

$$N_T = \frac{Q_{\text{сут}}}{V_{\text{ПАГЗ}} \frac{24}{\frac{2L}{v} + T_3 + T_0}},$$

где  $L$  – расстояние до потребителя, км;  $v$  – рекомендуемая скорость движения ПАГЗ, км/ч;  $T_3$  – время наполнения ПАГЗ, ч;  $T_0$  – время опорожнения ПАГЗ, ч.

Эксплуатационные затраты в модели включают:

- стоимость сырьевого газа;
- затраты на эксплуатацию или аренду площадки ПАГЗ;
- затраты на эксплуатацию ПАГЗ;
- затраты на эксплуатацию седельных тягачей.

На рис. 3-6 представлены результаты оценки экономической эффективности эксплуатации ПАГЗ в условиях России. В качестве критерия эффективности используется расчётная цена реализации КПП потребителям, обеспечивающая корпоративные требования к доходности инвестиций, и её сопоставление с текущей и потенциальной ценой реализации КПП. Под потенциальной ценой реализации КПП понимается значение, эквивалентное 50 % цены дизельного топлива (ДТ).

Моделирование эксплуатации ПАГЗ по субъектам РФ показало, что существуют регионы, в которых эксплуатация ПАГЗ является экономически эффективной уже при текущих ценах реализации КПП потребителям. Максимальный эффект достигается при эксплуатации ПАГЗ грузоподъемностью выше средней (около 7,5 тыс. кубометров). Рост цен реализации КПП до 50 % от цен ДТ способен обеспечить эффективную эксплуатацию ПАГЗ на территории большей части страны. При этом в качестве ограничений будут выступать природно-климатические и логистические факторы. В частности, на возможность

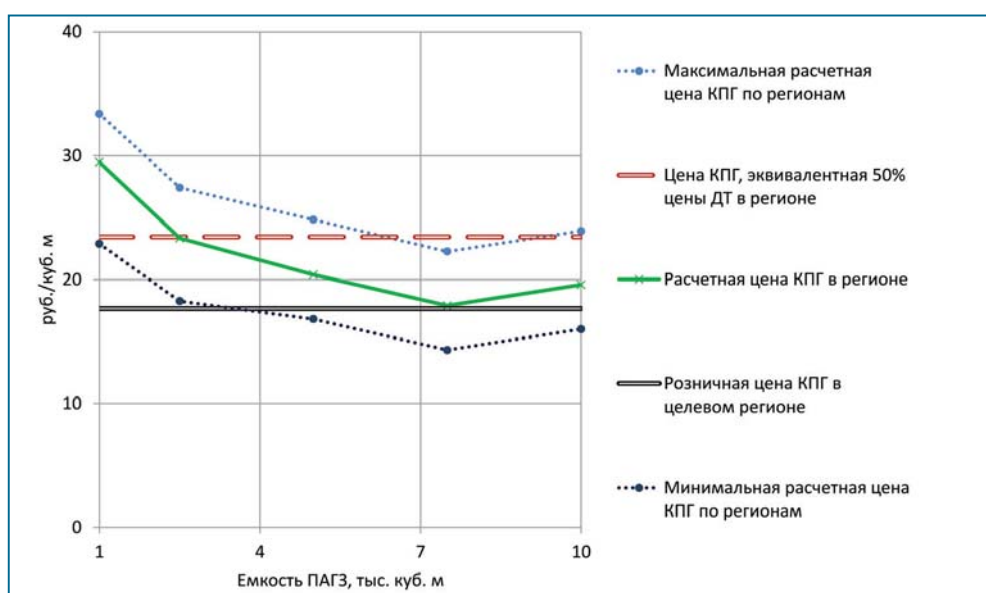


Рис. 3. Варьирование региона эксплуатации

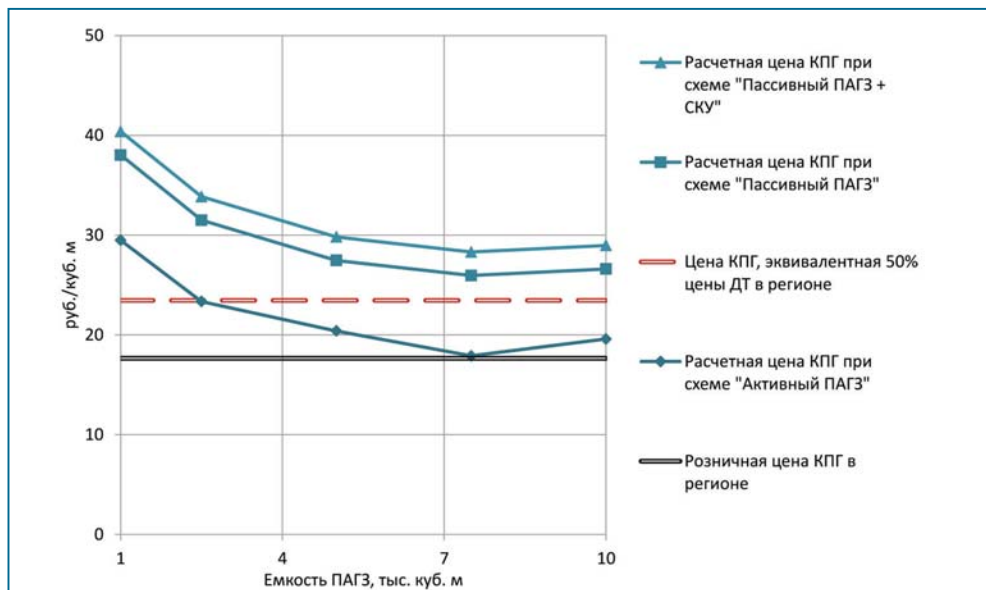


Рис. 4. Варьирование технологической схемы

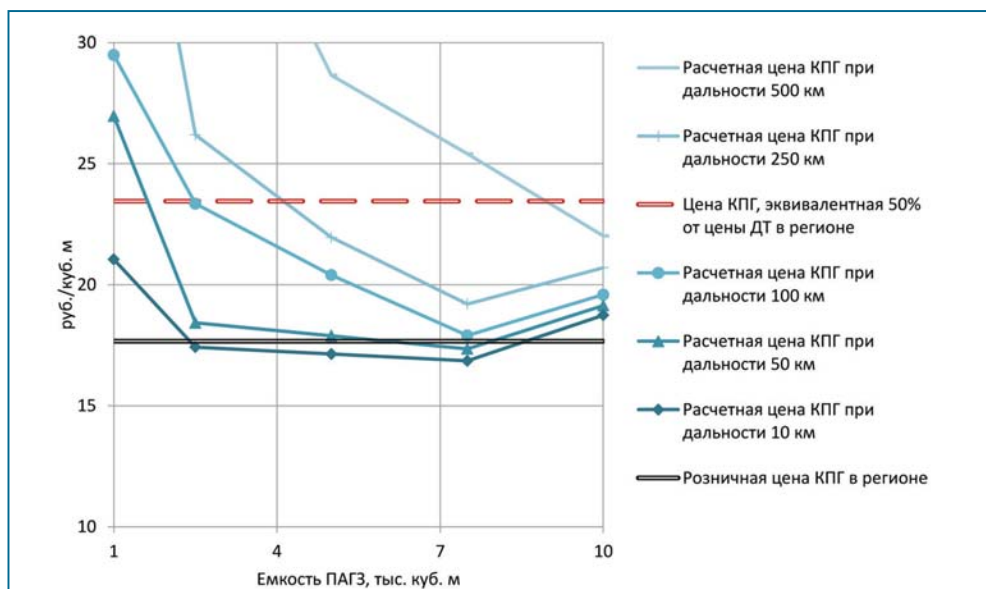


Рис. 5. Варьирование дальности транспортировки

эксплуатации ПАГЗ оказывает влияние температура окружающей среды (типичная температура эксплуатации ПАГЗ составляет от  $-45$  до  $+45$  °С).

Моделирование эксплуатации ПАГЗ, созданных по разным технологиям, подтвердило эффективность применения активных ПАГЗ, которые характеризуются высоким коэффициентом опорожнения и возможностью заправки газом по относительно низкой стоимости. Экономическая эффективность активного ПАГЗ обеспечивается использованием ёмкостей от 2,5 тыс. кубометров (при условии роста розничных цен КПГ до 50 % от цены ДТ) и достигает максимума при эксплуатации ПАГЗ грузоподъемностью выше средней (около 7,5 тыс. кубометров).

Варьирование дальности транспортировки КПГ показало, что экономически эффективной является дальность до 100 км при эксплуатации ПАГЗ

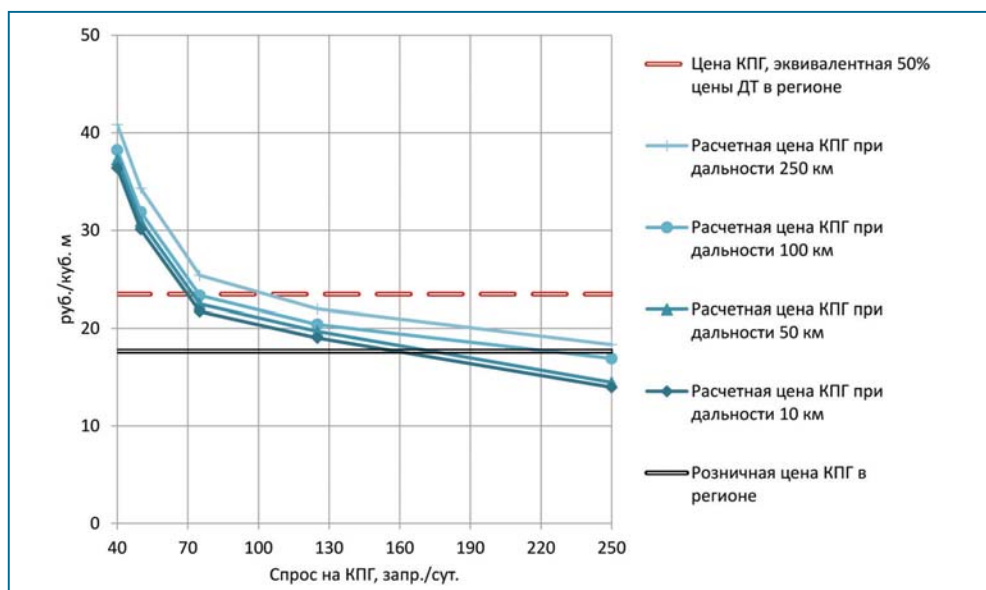


Рис. 6. Варьирование спроса на КПГ

объёмом выше среднего. ПАГЗ малой вместимости могут быть востребованы для газоснабжения потребителей, удалённых от источника сырьевого газа на малые расстояния (до 50 км). В то же время рост розничных цен реализации КПГ в регионах может существенно расширить границы эффективной эксплуатации ПАГЗ – до 250 км.

Однако следует отметить, что необходимым условием эффективной эксплуатации ПАГЗ при текущих розничных ценах на КПГ является наличие высокого спроса на газ – от 125 заправок в сутки. Спрос на ГМТ оказывает ключевое воздействие на показатели экономической эффективности эксплуатации ПАГЗ, оно гораздо выше, чем влияние затратной части проекта. Увеличение розничных цен реализации КПГ в регионах может способствовать росту привлекательности ПАГЗ для производителей ГМТ при меньших объёмах потребления.

По результатам проведённого исследования можно сформулировать следующие основные граничные условия экономической эффективности эксплуатации ПАГЗ:

- относительно небольшая дальность транспортировки газа до конечных потребителей – до 100 км;
- ПАГЗ грузоместимостью выше средней – 7,5 тыс. кубометров;
- применение активных ПАГЗ с высоким коэффициентом опорожнения;
- относительно высокие цены на ДТ;
- высокая загрузка ПАГЗ.

В заключение необходимо отметить, что полученные значения граничных условий являются приблизительными ориентирами для экспресс-оценки целесообразности применения ПАГЗ, актуальными на момент выполнения расчётов с учётом сложившихся цен на нефтяные и газовые моторные топлива, технико-коммерческих предложений производителей ПАГЗ и седельных тягачей и т.п. Решение о реализации проекта газоснабжения потребителей на базе ПАГЗ должно приниматься в каждом конкретном случае по результатам технико-экономического обоснования с учётом условий осуществления проекта, сложившихся на дату его реализации.

# Регазификация СПГ

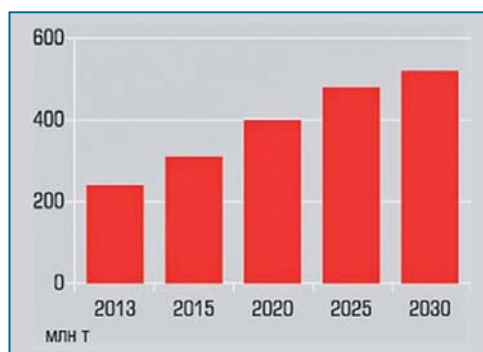
52

**А.Э. Сафаров**, начальник сектора конструирования криогенного оборудования  
ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг» (MV&F)

Из всего добываемого в мире природного газа в настоящее время более 26 % сжижается и транспортируется в жидком виде. Сжиженный природный газ (СПГ) – самый экологически чистый и безопасный вид топлива из массово используемых. СПГ получают из природного газа путём сжатия, очистки от примесей с последующим охлаждением. При сжижении природный газ уменьшается в объёме примерно в 600 раз. Сжиженный природный газ удобен для хранения и транспортировки. СПГ является перспективным энергоносителем и обеспечивает экономическую и экологическую эффективность по отношению к другим видам топлива.

**Ключевые слова:**  
сжиженный природный газ, регазификация СПГ,  
регазификационный терминал.

**О**трасль сжиженного природного газа развивается в мире возрастающими темпами. При расстоянии транспортировки более чем в 2500 км СПГ может конкурировать по цене с трубопроводным газом. По сравнению с трубопроводами рынок СПГ обладает гибкостью и мобильностью, имеет преимущества модульного наращивания поставок, а также снимает в ряде случаев проблемы пересечения границ. Рост рынка СПГ многократно превышает перспективы роста рынка трубопроводного природного газа (рис. 1).



**Рис. 1.** Прогноз спроса на СПГ

Для России развитие рынка СПГ – весьма актуальный и перспективный вопрос, связанный, в первую очередь, со снабжением топливом удалённых территорий, к которым можно отнести Калининградскую область и арктические регионы. Развитие некоторых удалённых территорий России без СПГ просто невозможно. СПГ для России – это также бесспорный высокопотенциальный экспортный ресурс.

Сжиженный природный газ в жидком виде никто не использует. Ожижение необходимо исключительно для транспортировки, накопления и хранения. В любом случае перед применением сжиженный природный газ регазифицируют, и он используется конечными потребителями в виде топлива в привычном для всех газообразном виде при температуре окружающей среды. Использование сжиженного природного газа позволяет следующее:

- газифицировать коммунальные и промышленные объекты, удалённые от магистральных или распределительных трубопроводов;

- создать топливный резерв у потребителя для покрытия нагрузок в пиковый период;
- использовать СПГ на различных видах транспорта в качестве моторного топлива;
- получить тепловую и электрическую энергию, а также промышленный холод.

Итак, в качестве топлива природный газ используется только в газообразном состоянии, поэтому процесс регазификации СПГ является ключевым буквально для каждого практического применения. Регазификация СПГ – технологический процесс по переводу сжиженного природного газа в газообразное состояние при использовании энергии окружающей среды: атмосферного воздуха или морской воды. Регазификация СПГ на небольших и средних станциях чаще всего осуществляется в атмосферных испарителях, а на крупных морских терминалах – в теплообменниках с морской водой. После регазификации СПГ превращается в газ и становится пригодным для обычного использования – подачи по трубопроводам потребителям или для заправки в газовые баллоны.

Первой страной, построившей терминал по регазификации и начавшей в 1964 году импорт СПГ, стала Великобритания. На данный момент количество регазификационных СПГ-терминалов достигло 125, ещё 20 строятся. Крупнейшими импортёрами СПГ в мире являются Япония, Южная Корея, Испания, Китай и Индия. Наибольший объём экспорта СПГ обеспечивают Катар, Малайзия, Индонезия, Австралия, Алжир и республика Тринидад и Тобаго. Самым мощным терминалом по объёму регазификации (38 млн т/год) является Incheon LNG Terminal (Южная Корея), его хранилища вмещают 2,88 млн кубометров. Терминал Zhuhai LNG Terminal (КНР) имеет наибольший объём хранилища – 6,4 млн кубометров, его мощности позволяют регазифицировать 3,5 млн т/год.

В зависимости от необходимого рабочего давления на выходе строят регазификационные станции СПГ среднего или высокого давления. Станции среднего давления (0,6...1,6 МПа) используются для выдачи газа в трубопроводы, на коммунальные и промышленные объекты. Рабочее давление в трубопроводе совпадает с рабочим давлением криогенного сосуда. Если необходимо проводить заправку автотранспорта или баллонов высокого давления, используются станции высокого давления (20...30 МПа). На станции высокого давления дополнительно устанавливают криогенный поршневой насос, испаритель высокого давления и блок аккумуляторов газа высокого давления. Возможно совмещение и одновременное использование запаса СПГ из хранилища на выдачу газа как со средним, так и с высоким давлением.

Основное оборудование регазификационного терминала включает:

- устройство слива СПГ;
- ёмкость хранения СПГ;
- атмосферный испаритель;
- электрический подогреватель газа во взрывозащищённом исполнении;
- газовый регулирующий щит;
- блок аккумуляторов газа;
- насосный агрегат;
- систему автоматики;
- системы безопасности.

Ниже показаны станции регазификации СПГ (рис. 2, 3).

Принцип работы станции по регазификации СПГ мало зависит от размеров и назначения, различаются только технические характеристики оборудования в зависимости от производительности.



**Рис. 2.** Станция регазификации СПГ для подогрева воздуха в вентиляционно-калориферных установках, оснащённых оборудованием MV&F (криогенный центробежный насосный агрегат во взрывозащищённом исполнении и испарители подъёма давления)



**Рис. 3.** Станция регазификации СПГ производства MV&F для заправки автомобилей КПП

Компания «Мониторинг Вентиль и Фитинг» (MV&F) имеет опыт разработки и выпуска оборудования для работы с СПГ с применением самой современной технологии и богатого мирового опыта. Рассмотрим описание работы станции регазификации СПГ с применением оборудования, выпускаемого MV&F.

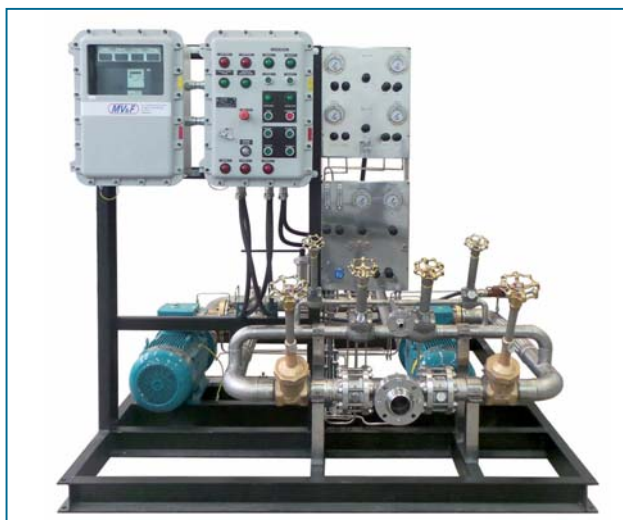
СПГ доставляется железнодорожным, автомобильным или морским транспортом в специальных ёмкостях и переливается в стационарный резервуар станции. Для хранения и перевозки СПГ компания предлагает криогенные ёмкости производства Worthington Industries. В ассортименте имеются стандартные и специальные сосуды для хранения, а также полуприцепы и ISO-контейнеры для транспортировки криогенных продуктов.

Перекачивание происходит по трубопроводу или металлорукаву. В зависимости от требований по теплопритокам из окружающей среды к криогенной жидкости металлорукава могут быть без изоляции, с наружной изоляцией из современных газонаполненных теплоизоляционных материалов и с экранно-вакуумной изоляцией. Компания «Мониторинг Вентиль и Фитинг» (MV&F) предлагает металлорукава и трубопроводы всех этих типов.

Наиболее совершенным типом криогенной теплоизоляции является экранно-вакуумная (многослойно-вакуумная, слоисто-вакуумная) теплоизоляция. Это двустенная конструкция с необходимым количеством слоёв теплоизоляции и с отвакуумированным пространством между оболочками. На внешней оболочке имеется клапан для вакуумирования, который обычно одновременно служит и защитным устройством, предохраняющим наружный кожух от повышения давления во избежание рисков разгерметизации внутреннего трубопровода.

Для ускорения процесса перелива и исключения потерь газа за счёт сброса в атмосферу избыточного давления из резервуара используют криогенные центробежные насосы. Криогенные центробежные насосные агрегаты (рис. 4, 5) предназначены для перекачивания СПГ из транспортных автоцистерн в стационарные резервуары, находящиеся под избыточным давлением. Компания MV&F выпускает насосные агрегаты на базе насосов мирового лидера в этой области – компании ACD. Всё оборудование насосного агрегата смонтировано на единой раме, используется взрывозащищённое и искробезопасное оборудование.

Собственно, для газификации сжиженный природный газ подаётся из резервуара в атмосферные испарители – сердце любой станции регазификации. Для работы атмосферному испарителю не требуется топливо или электричество, используются теплопритоки из окружающей среды благодаря развитой поверхности теплообмена. Испарители не имеют движущихся частей, что повышает надёжность и минимизирует затраты на обслуживание. Кроме того, не происходит выделения углекислого газа или других вредных выбросов в отличие от систем, основанных на сжигании топлива.



**Рис. 4.** Криогенный центробежный насосный агрегат MV&F во взрывозащищённом исполнении с двумя насосами ACD



**Рис. 5.** Станция регазификации среднего давления. Процесс перекачивания СПГ из транспортного резервуара в стационарный с использованием криогенного центробежного насосного агрегата MV&F во взрывозащищённом исполнении



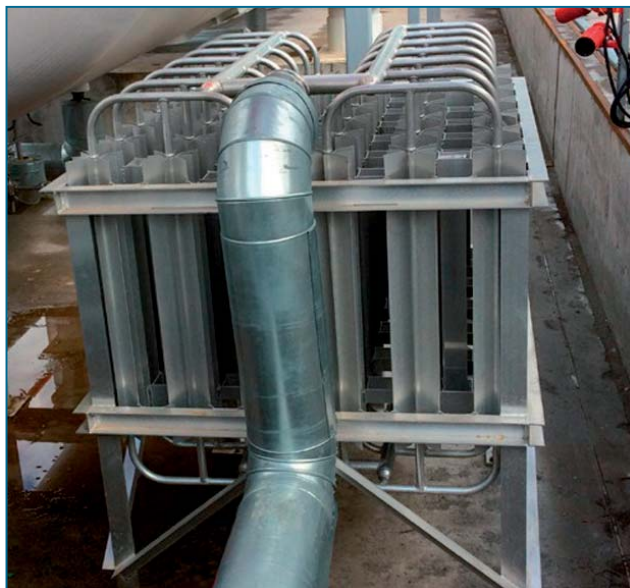


Рис. 6. Атмосферный испаритель подъёма давления СПГ производства MV&F



Рис. 7. Атмосферные производственные испарители СПГ среднего давления производства MV&F в составе станции регазификации (Томская область)

мощи электрических подогревателей (ТЭН). Подогрев осуществляют как прямым контактом ТЭН со средой, так и через промежуточный теплоноситель. Электрические взрывозащищённые нагреватели производства MV&F отличаются качеством исполнения самого высокого уровня. Используются комплектующие и материалы лучших поставщиков. Благодаря этому нагреватели MV&F имеют высокую надёжность и продолжительный срок эксплуатации. Соответствие нагревателей Техническим регламентам Таможенного союза подтверждается сертификатами.

В случае использования потребителем газа высокого давления необходимо дополнительно установить блок аккумуляторов газа (БАГ) для сглаживания пиковых нагрузок. БАГ используется в качестве ресивера природного газа между

Для повышения производительности на испарителе специальной конструкции может быть установлен блок принудительной конвекции. Температура газа после испарителей на 10...20 °С ниже температуры окружающей среды. Компания MV&F обладает собственными ресурсами по производству атмосферных испарителей среднего давления (до 4 МПа) различной конфигурации и типов, имеется широкий ряд стандартных моделей производственных испарителей и испарителей подъёма давления (рис. 6, 7).

Если потребителю требуется компримированный природный газ (КПГ) высокого давления (20...30 МПа) для заправки автомобилей, передвижных автомобильных газовых заправщиков (ПАГЗ) или баллонов, то между ёмкостью и атмосферным испарителем устанавливается криогенный поршневой насосный агрегат (рис. 8). Производство таких насосных агрегатов локализовано в компании с использованием поршневых насосов ведущего производителя в области разработки и изготовления такого оборудования – компании ACD. Насосные агрегаты укомплектованы всем необходимым основным и вспомогательным оборудованием для безопасной и эффективной работы.

При производстве КПГ из СПГ применяют атмосферные испарители (рис. 9) высокого давления, которые изготавливаются из биметаллических труб. В производственной программе MV&F есть модели испарителей как с естественной, так и с принудительной конвекцией воздуха.

В холодное время года природный газ дополнительно подогревается до требуемой температуры при по-



**Рис. 8.** Криогенный поршневой насосный агрегат MV&F высокого давления во взрывозащищённом исполнении в составе мобильной СКПГ-станции

криогенным насосом и блоком регулировки газа или потребителем, также он может использоваться как источник газа в случае отсутствия СПГ в хранилище. Компания производит БАГи на основе облегчённых стальных баллонов производства Worthington Industries.

Число баллонов, схема их подключения и комплектация арматурой выполняются в соответствии с требованиями заказчика (рис. 10).

На последнем этапе газ поступает в запорную КПГ-колонку или на газовый регулирующий щит, где редуцируется до рабочего давления. Там же осуществляется контроль выходных параметров газа, таких как температура и рабочее давление. Компания MV&F имеет большой опыт производства газовых щитов различных типов и конфигурации.

Всё оборудование MV&F соответствует российским стандартам, о чём свидетельствуют декларации и сертификаты Таможенного союза. Также специалистами компании обеспечивается сборка, комплексные испытания, гарантийное, постгарантийное и сервисное обслуживание всего выпускаемого оборудования. Накопленный в компании «Мониторинг Вентиль и Фитинг» практический опыт конструирования и изготовления самых разнообразных систем и установок поможет создавать и эксплуатировать самое надёжное и самое экономичное оборудование.



**Рис. 9.** Оборудование производства MV&F (БАГ, атмосферный испаритель с секцией естественной и принудительной конвекции, нагреватель электрический во взрывозащищённом исполнении) в составе мобильной СКПГ-станции



**Рис. 10.** БАГ производства MV&F

# Нормы надёжности газобаллонного оборудования транспортных средств

**А.А.Евстифеев**, заместитель директора Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Принятие различных конструктивных и проектных решений на этапе разработки окончательной конструкции транспортного средства, использующего в качестве моторного топлива природный газ, требует учёта ряда факторов, влияющих на технические и эксплуатационные характеристики готового автомобиля. При этом в рамках современных маркетинговых стратегий автомобили имеют некоторый уровень надёжности, ограниченный современными нормативными требованиями. Нормы надёжности применяемых комплектующих транспортного средства рекомендуется подбирать или синхронизировать со сроками его эксплуатации и периодами технического обслуживания в целом. В статье показаны сложности, возникающие при использовании компонентов газобаллонного оборудования, имеющих длительные сроки эксплуатации, при ограниченном ресурсе современного транспортного средства. Предложена концепция превентивной элементной замены компонентов оборудования с ограниченными сроками эксплуатации, показаны источники эффективности применения данного концептуального подхода.

**Ключевые слова:**

сроки эксплуатации, периодическое обслуживание, запас надёжности, синхронизация сроков полезного использования, компоненты транспортного средства, газовые баллоны высокого давления, компримированный природный газ (КПГ).

## Введение

Для оценки уровня надёжности изделий и обоснования нормативов ремонтов необходимы критерии, характеризующие допустимые или требуемые значения её показателей, которые можно назвать нормами надёжности. В каждой отрасли промышленности применяются свои нормы надёжности, которые разрабатываются с учётом особенностей устройства и условий эксплуатации оборудования.

## Нормы надёжности для транспортного средства в целом

Требуемые сроки службы транспортного средства (ТС) до списания на стадии проектирования рекомендовалось назначать на основании сроков амортизационных отчислений. В зависимости от типа транспортного средства

нормативные сроки службы до списания обычно составляют шесть лет для легковых автомобилей, 7...8 лет для грузовых и 8...10 лет для автобусов.

Требуемые сроки службы транспортного средства до основных видов ремонта зависят от режимов его работы и способов эксплуатации. Например, транспортные средства Федеральной службы исполнения наказаний ставились на капитальный ремонт через 3...4 года, а средние ремонты выполнялись через 1-2 года. При этом эксплуатационной документацией предусмотрены освидетельствования и ремонт один раз в 2...3 года (в зависимости от условий эксплуатации). Кроме крупных ремонтов, принято выполнять межрейсовое техническое обслуживание, периодичность которого зависит от продолжительности рейсов, от нормативных ресурсов изделий и комплектующих, прежде всего, двигателей, тормозных и рулевых систем.

Целесообразно сроки заводских ремонтов совмещать с периодичностью очередных освидетельствований транспортных средств.

Ввиду того что сроки и объёмы ремонтов могут изменяться в зависимости от принятой организации эксплуатации, надёжность целесообразно также оценивать с помощью комплексного показателя – коэффициента технического использования. Для крупнотоннажных транспортных средств этот показатель может иметь наибольшие значения: 0,85...0,9. Коэффициент технического использования большинства средне- и крупнотоннажных ТС составляет в среднем 0,75...0,8, а малотоннажных – 0,7. Столь низкие значения можно объяснить насыщенностью таких ТС энергоёмким технологическим и климатическим оборудованием, а также сложностью других навесных и вспомогательных технических систем (гидравлические манипуляторы, агрегаты и т. п.). Кроме того, ряд транспортных средств, особенно промышленные, эксплуатируется в более тяжёлых условиях, что объясняется спецификой их производственной деятельности.

Уровень безотказности ТС в целом рекомендуется оценивать с помощью коэффициента готовности, с учётом аварийных отказов по техническим причинам (рисунок).

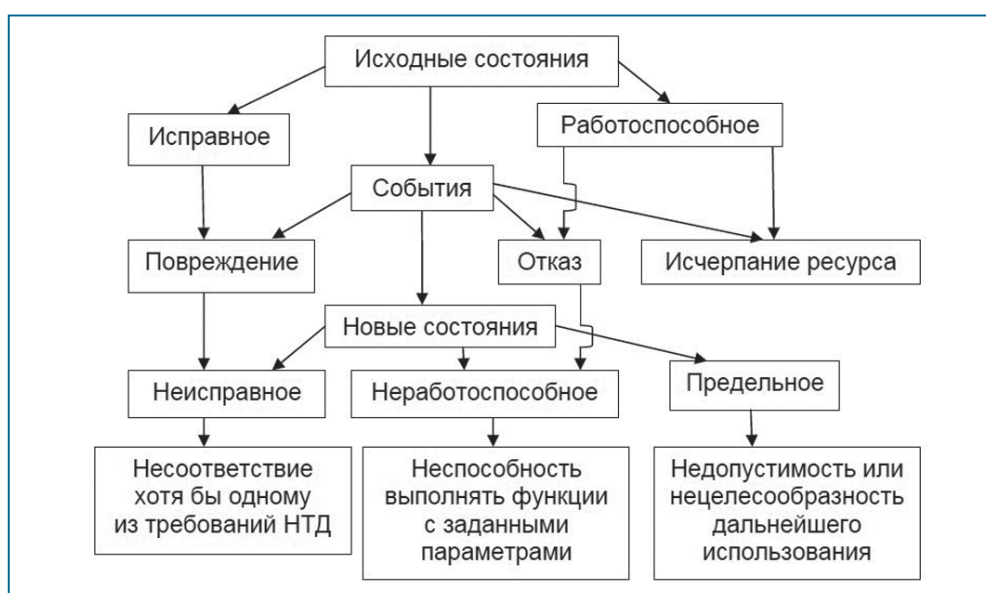


Схема оценки технического состояния транспортного средства

### Нормы надёжности изделий и механизмов транспортных средств

Назначенные и средние ресурсы, а также сроки службы изделий и механизмов не должны быть ниже значений, достигнутых на лучших изделиях-аналогах.

Норму рекомендуется устанавливать путём анализа технических условий на поставку и другой конструкторской и эксплуатационной документации. Если ресурсы и сроки службы устанавливаются впервые, можно руководствоваться следующим. Назначенные сроки службы и ресурсы до списания должны соответствовать срокам службы ТС до списания или до одного из капитальных ремонтов (больших или малых). Исходя из этого можно рекомендовать такие варианты требуемых сроков службы изделий до списания (не менее); 10; 8 и 6 лет; 8; 4 и 1 год; 6; 3 и 1 год.

За требуемый срок службы до списания можно выбрать одно из приведённых значений с учётом достигнутого уровня долговечности аналогичных изделий и типов ТС, на которые предполагается их устанавливать.

Для изделий, которые могут устанавливаться на ТС любого назначения, рекомендуется принимать срок службы до списания 10, 8 или в крайнем случае 6 лет. Однако, если объект предназначен только для ТС конкретного типа, то срок службы изделия до списания должен быть равным или кратным сроку службы до списания этого транспортного средства. Нежелательно, например, принимать срок службы кузова ТС до списания равным 8 годам, если кузов устанавливается на ТС со сроком службы 10 лет.

Требуемый ресурс до списания определяется по формуле

$$R_{\text{сп}} = 365 K_r K_i t_{\text{спд}} T_{\text{сс}},$$

где  $t_{\text{спд}}$  – средняя предельно допустимая наработка за сутки эксплуатации, ч/сут;  $T_{\text{сс}}$  – требуемый срок службы до списания, лет;  $K_i$  и  $K_r$  – коэффициенты интенсивности использования и готовности (допустимые).

Требуемые ресурсы до капитального и среднего ремонта рекомендуется выбирать исходя из предположения, что за срок службы до списания должен быть произведён один и не более двух капитальных ремонтов, а в период между капитальными ремонтами – один или два средних ремонта. Тогда требуемые ресурсы до капитального и среднего ремонта соответственно составят

$$R_{\text{рк}} = \frac{R_{\text{сп}}}{(1 + m_{\text{рк}})};$$
$$R_{\text{рс}} = \frac{R_{\text{сп}}}{(1 + m_{\text{рк}})(1 + m_{\text{рс}})},$$

где  $m_{\text{рк}}$  – число капитальных ремонтов до списания;  $m_{\text{рс}}$  – число средних ремонтов между очередными капитальными ремонтами.

Несмотря на то, что после выполнения капитального ремонта послеремонтный ресурс уменьшается на 10...20 %, при первоначальном анализе надёжности это обстоятельство целесообразно не учитывать, поскольку снижение качества изделия после ремонта обычно компенсируется рассмотренным выше запасом надёжности, заложенным в назначенный уровень предельного состояния. Кроме того, на практике для изделий автомобильной техники характерна более равномерная

периодичность ремонтов, поскольку она подчинена ремонтному циклу ТС в целом, и факторы старения изделий будут влиять лишь на увеличение объёма ремонтов. Наряду с плановыми ремонтами предусматривается техническое обслуживание, которое выполняется водителями или техническим персоналом автотранспортного предприятия. Допустимое значение назначенного ресурса непрерывной работы до первого технического обслуживания, требующего останова изделия, обычно должно быть не меньше месячной наработки.

Требования к ресурсам и срокам службы изделий не имеют смысла без одновременного указания допустимой безотказности изделий. Исходя из опыта изучения надёжности изделий, входящих в состав оборудования транспортных средств, можно (при отсутствии других, более обоснованных данных) выбирать допустимый коэффициент готовности изделия с учётом требуемого уровня безотказности изделия из интервала от 0,995 до 0,95.

В табл. 1 приведены принципы, методы и средства повышения надёжности и безопасности технических систем.

Таблица 1

### Жизненный цикл объекта/системы

| Этапы жизненного цикла технической системы | Принципы, методы и средства повышения надёжности и безопасности системы                                                                 |                                                                                                         |                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Предупредительные                                                                                                                       | Контролирующие                                                                                          | Защитные                                                                                                                                |
| Проектирование                             | Анализ альтернативных решений, выбор высоконадёжных и экологичных материалов, определение запаса прочности, квалификация проектировщика | Экспериментальная проверка технических решений, проверка режимов работы, контроль надёжности и качества | Введение в состав системы защитных приборов, решения по локализации отказов, обеспечение работоспособности элементов при отказе системы |
| Производство                               | Выбор прогрессивных технологий, квалификация персонала, надзор за производственным оборудованием                                        | Проведение входного и выходного контроля, контроль качества производственных процессов                  | Дублирование средств защиты, введение блокировок, разработка систем и регламента обслуживания                                           |
| Эксплуатация                               | Соответствие требованиям при проектировании и производстве                                                                              | Проведение комплекса организационно-технических мероприятий                                             |                                                                                                                                         |

Напомним, что при оценке коэффициента готовности должны учитываться только фактические отказы, то есть отказы, приводящие к внеплановым простоям, не предусмотренным правилами технической эксплуатации и ремонта.

Общее представление о надёжности изделия можно получить с помощью значений удельной суммарной трудоёмкости технического обслуживания и ремонтов. Для каждого конкретного изделия эти показатели не должны превышать

соответствующие показатели лучших изделий-аналогов. В большинстве случаев удаётся найти относительную трудоёмкость ремонтов, если собрать сведения о фактической трудоёмкости ремонтов изделий одинакового назначения, но различной производительности. Иногда лучшая корреляционная связь получается между трудоёмкостью изготовления или ремонтов и массогабаритными размерами или материалоемкостью изделия.

Нахождение подобных зависимостей является актуальной задачей исследователей различных отраслей промышленности. Для её решения нужно получить ряд суммарных трудоёмкостей ремонтов для однотипных изделий при различных основных размерах, а затем выполнить корреляционный анализ зависимости между ними.

Для оценки надёжности изделий применяется также вероятность безотказной работы, равная назначенному ресурсу. В документации на элементы бортовой электроники часто указывается, что вероятность безотказной работы, например, за 4000 ч должна быть не менее 0,90. При этом имеются в виду отказы, подчиняющиеся экспоненциальному закону распределения, и интенсивность отказов составляет  $2,5 \cdot 10^{-5}$ . Если для элементов бортовой электроники (или другого неремонтируемого изделия) задан гамма-процентный ресурс  $R_\gamma$  при допустимой вероятности безотказной работы  $\gamma$ , то допустимая средняя наработка до отказа определяется по формуле

$$R_{pc} = \frac{R_\gamma}{\ln(1+0,9)} = 38095 \text{ ч,}$$

что при  $\gamma = 0,9$  почти в 10 раз больше заданного гамма-процентного ресурса.

### Нормы надёжности для отдельных элементов изделия

Важным показателем долговечности элементов изделий является вероятность достижения предельного состояния. На основании некоторых данных можно рекомендовать следующие допустимые значения вероятности достижения предельного состояния  $F_{доп}$  (для повреждений элементов, лимитирующих долговечность изделий до ремонтов рассматриваемого вида):

- 0,05 – для недопустимых неконтролируемых повреждений (например, усталостные трещины в ответственных деталях);
- 0,10 – для допустимых контролируемых усталостных повреждений поверхности (например, питтинг зубьев шестерёнок и колёс);
- 0,20 – для основных повреждений амортизационного вида (износ в узлах трения, коррозионный износ и т.п.);
- 0,50 – для неосновных повреждений (изменение формы поверхности из-за неравномерного изнашивания, риски, царапины и т.п.).

Приведённые допустимые вероятности достижения предельного состояния не должны быть превышены при наработке, равной требуемому назначенному ресурсу детали. Это условие можно выразить следующим неравенством:

$$F(R_H) < F_{доп},$$

где  $F(R_H)$  – фактическая вероятность достижения предельного состояния за наработку, равную требуемому назначенному ресурсу до соответствующего вида ремонта или до списания.

Так, вероятность достижения предельного износа за нормативный ресурс подшипника не должна превышать 0,2. Надёжность газового баллона не может быть признана достаточной, если за срок службы до списания ТС вероятность образования усталостной трещины превышает 0,05.

Задачу по оценке долговечности элементов изделия также можно решить путём сравнения их гамма-процентных ресурсов  $R(\gamma)$  с требуемым нормативным ресурсом  $R_n$ . Выбор величины  $\gamma$  выполняется также в зависимости от степени опасности отказа, причём

$$\gamma_{\text{доп}} = 100(1 - F_{\text{доп}}).$$

Тогда условие обеспечения надёжности детали для рассматриваемого вида повреждения можно представить таким неравенством:

$$R_{\gamma} \geq R_n.$$

Например, если 80%-ный ресурс подшипника по износу окажется меньше назначенного ресурса до среднего ремонта 30 тыс. км, такой подшипник не может быть признан достаточно надёжным, и возникнет необходимость в уменьшении ресурса до этого вида ремонта или в повышении износостойкости подшипника. Можно также говорить о низкой надёжности газового баллона, если 95%-ный ресурс по трещинообразованию окажется меньше, чем назначенный срок службы до списания.

Отметим, что существует большое различие в понятиях «вероятность отказа» и «вероятность достижения предельного состояния». Норма для вероятности отказа (или для вероятности безотказной работы) должна быть значительно жёстче, чем для вероятности достижения предельного состояния. При возникновении отказа нарушается работоспособность транспортного средства с более или менее тяжёлыми последствиями, а достижение назначенного уровня предельного состояния означает лишь необходимость выполнения тех или иных ремонтных работ.

Общие нормы для допустимой вероятности безотказной работы в зависимости от классов надёжности, учитывающих последствия отказов, приведены в нормативно-технической документации и рекомендациях проектных и конструкторских организаций. Используя эти рекомендации, можно (при отсутствии других, более обоснованных предложений) определить допустимую вероятность безотказной работы с помощью следующих классов надёжности:

- нулевой класс – отказ не приводит к прекращению функционирования изделия и не отражается на работоспособности группы оборудования и ТС в целом;
- первый класс – отказ приводит к непродолжительной остановке изделия без прекращения функционирования какой-либо группы оборудования или системы;
- второй класс – отказ приводит к временному прекращению функционирования какой-либо группы оборудования или ТС без вывода его из эксплуатации;
- третий класс – отказ приводит к аварийному ремонту ТС с выводом его из эксплуатации;
- четвёртый класс – отказ приводит к гибели ТС в целом.

Для приближённой оценки класса надёжности рекомендуется способ, учитывающий классификацию оборудования, изделий и элементов конструкции транспортной техники. Чтобы определить класс надёжности ТС при отказе элемента изделия, предлагается подсчитать сумму цифр, обозначающих группу оборудования, класс изделия и категорию элемента изделия, а затем оценить класс надёжности.



В зависимости от класса надёжности элемента изделия (при рассмотрении одного вида отказов) приняты допустимые вероятности безотказной работы  $P_{\text{доп}}$  и вероятности отказа  $F_{\text{доп}}$ .

Безотказность элемента изделия оценивается с помощью фактической вероятности безотказной работы  $P(R_n)$ , определённой за время, равное требуемому назначенному ресурсу  $R_n$  до соответствующего вида ремонта или списания (для ремонтируемых машин и механизмов постоянного действия), или времени выполнения ответственной операции (для изделий кратковременного действия). При этом должно выполняться условие

$$P(R_n) \geq P_{\text{доп}}.$$

В заключение этого раздела отметим, что существуют другие методы и критерии оценки показателей надёжности элементов техники с учётом последствий отказов. Например, не имеется оснований возражать против применения для этой цели указания ГОСТ 27.310–95 «Межгосударственный стандарт. Надёжность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения». Идеология этого документа не противоречит изложенным выше принципам.

Таковы общие принципы выбора номенклатуры и допустимых параметров показателей надёжности техники с учётом стратегии технического обслуживания и ремонта, которые являются неотъемлемой частью общей методологии оценки и прогнозирования долговечности и безотказности машин. Следующая часть этой методологии представляет собой комплекс алгоритмов и программ, которые базируются на теории вероятностей и математической статистики.

### Нормы надёжности газобаллонного оборудования

Для газовых автомобильных баллонов для сжиженного природного газа давление разрушения составляет 51 МПа, что примерно составляет 2,55 рабочего давления 20 МПа и 1,7 испытательного 30 МПа. Разрешённый срок эксплуатации баллонов устанавливает завод-изготовитель: для современных образцов – это 15...25 лет или 10...15 тыс. заправок. При этом композитные баллоны проверяются каждые 3 года, а стальные баллоны необходимо каждые 5 лет подвергать диагностике и гидравлическим испытаниям, проводимым с полным снятием газового баллона. Каждые 7 лет необходимо проводить диагностику и проверку работы запорной арматуры баллона, что также требует разборки резьбового соединения между баллоном и запорной арматурой. Конструктивно соединение баллона и запорного вентиля выполняется в виде конической резьбы. Разборка данного соединения, особенно с учётом разной жёсткости материалов баллона и запорной арматуры, приводит к 10...20%-ной выбраковке баллонов и запорной арматуры после диагностики.

Если учесть, что заложенный ресурс по надёжности современного легкового транспортного средства составляет 5...6 лет с учётом одного или двух средних ремонтов на уровне замены агрегата, применение газовых баллонов со сроками эксплуатации 15...25 лет выглядит мало рациональным. После вывода из эксплуатации транспортного средства возникает вопрос, что делать с газовыми баллонами, каково их фактическое техническое состояние и остаточный ресурс? Ведь количество заправок нигде и никем не учитывается, так же как и условия эксплуатации сосуда.

Таким образом, в случае применения газовых баллонов на транспортных средствах концептуально есть возможность перейти к более коротким срокам эксплуатации баллонов, синхронизовав ресурсы надёжности баллонов и ТС, на которых они применяются. При этом следует принять при расчёте надёжности и ресурса в качестве срока эксплуатации баллона – срок и ресурс, заложенные производителем транспортного средства, до капитального ремонта, рассматривая при этом газовый баллон как сменную запасную часть транспортного средства.

Применение данного концептуального подхода позволит снизить требования к надёжности, ресурсу и материалоемкости, а также стоимость газовых баллонов. Вместо диагностики баллоны после определённого срока эксплуатации или числа заправок будут заменяться в процессе технического обслуживания транспортного средства. Снятые баллоны будут отправляться на переработку с последующим выпуском новых ёмкостей.

В результате снижения требований по надёжности коэффициент запаса прочности для стальных баллонов можно снизить с 2,5 до 2,25. Снижение коэффициента запаса прочности на 0,25...0,5 пункта позволит облегчить баллоны и увеличить объём хранимого на борту газа.

Пример влияния снижения требований по надёжности приведён в табл. 2.

Таблица 2

| Наименование показателя                               | Коэффициент запаса прочности |       |       |
|-------------------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|
|                                                       | 2,5                          | 2,25  | 2,0   |
| Геометрический объём баллона, л                       | 148                          | 152,6 | 154,4 |
| Масса баллона, кг                                     | 115                          | 85,7  | 74,8  |
| Объём заправляемого газа, м <sup>3</sup> при 20 МПа   | 36,15                        | 37,02 | 38,19 |
| Давление разрыва, МПа                                 | 51                           | 45    | 40    |
| Давление срабатывания предохранительного клапана, МПа | 26                           | 26    | 25    |
| Испытательное давление, МПа                           | 30                           | 30    | 30    |
| Срок службы, лет                                      | 15                           | 10    | 7     |
| Максимальное число заправок                           | 15000                        | 10000 | 7000  |
| Снижение массы баллона, %                             | 0                            | 25,5  | 35,6  |
| Увеличение объёма, %                                  | 0                            | 3,5   | 4,5   |
| Снижение стоимости материала баллона, %               | 0                            | 40    | 60    |
| Снижение стоимости изделия, %                         | 0                            | 30    | 40    |

## Выводы

В работе проведено исследование критериев, характеризующих допустимые или требуемые значения показателей надёжности, которые можно назвать нормами надёжности. Наличие данных критериев позволяет проводить оценки уровня

надёжности изделий и обосновывать нормативные сроки и объёмы ремонтов. На стадии проектирования транспортного средства нормативные требуемые сроки службы до его списания обычно составляют 6 лет для легковых автомобилей, 7...8 лет для грузовых ТС и 8...10 лет для автобусов. Исходя их данных значений, производители транспортных средств закладывают ресурс изделий, узлов и запасных частей, в том числе резинотехнических изделий. При этом сроки ремонтов и технического обслуживания стараются совмещать с периодичностью очередных освидетельствований и проверок ТС.

Что касается газовых автомобильных баллонов для КПП, заложенные сроки их эксплуатации устанавливает завод-изготовитель, и для современных образцов они составляют 15...25 лет или 10...15 тыс. заправок. При этом в стоимости комплекта газобаллонного оборудования стоимость баллонов составляет от 30 до 80 %. При заложенном ресурсе по надёжности современного легкового транспортного средства, составляющего 6 лет, применение газовых баллонов со сроком эксплуатации 15...25 лет выглядит нерациональным. Возможность повторного применения баллона на другом ТС маловероятна ввиду ряда технических особенностей и отсутствия информации о фактических остаточных ресурсах баллонов. Предлагается переход к новой концепции, основанной на снижении сроков разрешённого использования газовых баллонов (см. табл. 2), что позволит снизить требования к запасу прочности и металлоёмкости баллонов, а также их стоимость.

### 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).

## Факторы, влияющие на сложность маршрута движения легкового автомобиля, использующего в качестве топлива СУГ в горных условиях эксплуатации

**Б.К. Миров** (Таджикистан), аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» МАДИ,  
**Ю.В. Панов**, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» МАДИ, к.т.н.,  
**В.А. Зенченко**, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» МАДИ, к.т.н.,  
**П.В. Бушуев**, научный сотрудник кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис», кафедры «Металловедение и термообработка» Института Независимой Автотехнической Экспертизы (ИНАЭ-МАДИ), к.т.н.

В статье рассмотрены основные факторы, влияющие на сложность маршрута движения легкового автомобиля в горных условиях эксплуатации. Оценка сложности маршрута осуществлялась в процессе проведения экспериментальных исследований с использованием легкового автомобиля марки KIA Optima, работающего на сжиженном углеводородном газе (СУГ). Участком испытаний являлась автодорога Душанбе – Шахристан Республики Таджикистан (РТ) [1-4]. По полученным экспериментальным данным построены математические модели и графические зависимости сложности участков на маршруте от задаваемых исследуемых факторов.

### Ключевые слова:

горные условия, сжиженный углеводородный газ, сложность маршрута, спутниковая система мониторинга транспорта.

**Д**вижение автомобиля в горных условиях характеризуется высокой сложностью по сравнению с равнинной местностью. Высокогорные дороги имеют большое количество подъёмов, спусков (углы продольного профиля), крутых поворотов, что в значительной мере усложняет движение автомобиля на маршруте [1, 2].

Предварительно проведённая экспертная оценка по отбору наиболее значимых факторов показала, что на сложность маршрута в горных условиях эксплуатации влияет большая совокупность следующих факторов: скорость автомобиля, время движения на участке, крутизна подъёма, средняя высота участка на маршруте, температура, атмосферное давление и относительная влажность окружающего

воздуха, период года (зима, лето, осень и весна) и др. [2, 5, 6].

В общем виде для оценки сложности маршрута движения автомобиля в горных условиях может выступать функция следующего вида:

$$Y_i = f(t, V, K, \bar{H}, T, X_p, X_{RH}, X_{\Pi}, \dots), \quad (1)$$

где  $t$  – среднее время движения автомобиля, с, мин, ч;  $V$  – средняя скорость автомобиля, км/ч;  $K$  – крутизна подъёма, а;  $\bar{H}$  – средняя высота участка на маршруте, км;  $T$  – температура окружающего воздуха, °С;  $X_p$  – атмосферное давление окружающего воздуха;  $X_{RH}$  – относительная влажность окружающего воздуха, %;  $X_{\Pi}$  – частота поворотов, ед.

В условиях ограничений проведения экспериментальных исследований (например, сокращение длительности исследований по времени года) аналитические зависимости оценки сложности маршрутов должны учитывать переменные  $\{X\}$ , позволяющие исключить ряд факторов, не попадающих в условия проведения экспериментов.

В принятых в работе ограничениях (для летних условий проведения испытаний) рассматриваются четыре ключевых фактора в их совокупности: время движения автомобиля, средняя скорость на участке маршрута, средняя крутизна подъёма (отношение перепада высот начала и конца участка к его длине) и средняя высота над уровнем моря. Функция сложности в этом случае в общем виде примет следующий вид:

$$Y_i = f(t, V, K, \bar{H}). \quad (2)$$

Очевидно, сложность каждого отдельно взятого участка движения пропорциональна времени движения автомобиля на этом участке и обратно пропорциональна скорости. То есть, чем больше времени затрачено на прохождение  $i$ -го участка маршрута, тем выше его сложность, и соответственно, чем ниже средняя скорость автомобиля на таком участке, тем выше сложность. Формула сложности в первом приближении будет иметь следующий вид:

$$Y_i = \frac{t_i}{V_i}. \quad (3)$$

Преобразовав формулу (3) с учётом влияния различной длины участков маршрута, имеем:

$$Y_i = \frac{t_i \cdot L_H}{V_i \cdot L_{y_i}}, \quad (4)$$

где  $L_{y_i}$  – длина  $i$ -го участка движения, км;  $t_i$  – время движения на  $i$ -м участке, ч;  $V_i$  – скорость движения на  $i$ -м участке, км/ч;  $L_H$  – нормируемая нижняя толерантная граница длин участков, принятая в расчёте в качестве точки отсчёта, обеспечивающая достаточную точность и чувствительность замеров всех исследуемых величин, км (принимается для заданной вероятности  $0,8 \div 0,9$  [2]).

Поскольку  $L_{y_i} = V_i \cdot t_i$ , то преобразуя (4) для функции сложности маршрута можно записать

$$\hat{Y}_i = \frac{t_i \cdot L_H}{V_i \cdot V_i \cdot t_i} = \frac{L_H}{V_i^2}. \quad (5)$$

Учёт влияния высоты и уклона участка маршрута на его сложность и соответственно на расход топлива позволяет уточнить выражение (5), то есть

$$Y_i^* = \frac{L_H \cdot \bar{H} \cdot K_i}{V_i^2}, \quad (6)$$

где  $\bar{H}$  – средняя высота участка маршрута, км;  $K$  – крутизна подъёма участка маршрута,  $\alpha$ .

Между тем необходимо выполнить нормировку полученного функционала сложности (6) через среднеквадратичное отклонение  $\sigma(Y^*)$ , то есть представить его в виде безразмерной величины, поскольку входящие в неё параметры имеют различный физический смысл и размерность.

$$\sigma(Y^*) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i^* - \bar{Y}_i^*)^2}{n-1}}, \quad (7)$$

где  $n$  – число измерений исследуемых показателей.

Окончательно выражение для оценки сложности маршрута с учётом его нормировки можно записать в следующем виде:

$$Y_i^H = \frac{L_H \cdot \bar{H} \cdot K_i}{V_i^2 \cdot \sigma(Y^*)}. \quad (8)$$

В связи с тем, что учёт наклона продольного профиля участка движения может принимать как положительные, так и отрицательные значения сложности, для исключения отрицательности математического ожидания  $\bar{Y}$  и соответственно коэффициента вариации  $v(Y)$  было выбрано наименьшее значение этой функции и выполнено смещение в область положительных значений:

$$\tilde{Y}_i = Y_i - Y_{\min}. \quad (9)$$

С учётом дополнительных факторов при проведении круглогодичных полномасштабных исследований потребуются коррекция выражений (8) и (9). В этом случае формула оценки сложности маршрута с учётом факторов, отражающих сезонность, погоду и другие условия, будет изменена. В качестве дополнительных факторов модели могут выступать:

$X_1$  – период года (зима, лето, осень и весна);

$X_2$  – температура окружающего воздуха, ( $X_T$ ) °C;

$X_3$  – атмосферное давление окружающего воздуха, ( $X_p$ );

$X_4$  – относительная влажность окружающего воздуха, ( $X_{RH}$ ) %;

$X_5$  – частота поворотов, ( $X_{\Pi}$ ) ед.;

$X_n$  – прочие факторы.

При этом факторы, с увеличением которых сложность маршрута возрастает, записываются в числителе выражения сложности участка маршрута, а в случае уменьшения – в знаменателе.

Анализируя выражение (8) и используя при этом корреляционно-регрессионный анализ, можно получить статистические зависимости влияния  $\bar{H}_i$ ,  $K_i$  и  $V_i$  (в данном случае для летних условий в рамках проведённого эксперимента) на сложность маршрута в виде однофакторных и двухфакторных моделей, то есть:

$$\tilde{Y}_i = f(\bar{H}_i); \quad (10)$$

$$\tilde{Y}_i = f(K_i); \quad (11)$$

$$\tilde{Y}_i = f(V_i); \quad (12)$$

$$\tilde{Y}_i = f(\bar{H}_i, K_i); \quad (13)$$

$$\tilde{Y}_i = f(\bar{H}_i, V_i); \quad (14)$$

$$\tilde{Y}_i = f(K_i, V_i). \quad (15)$$

Универсальная формула сложности  $Y_{Ai}$ , учитывающая дополнительные факторы, а также характер влияния факторов на результирующий функционал сложности, примет следующий общий вид:

$$Y_{Ai} = \frac{L_H \cdot \bar{H}_i \cdot K_i \cdot X_{RH}^{Z_{RH}} \cdot X_{\Pi}^{Z_{\Pi}}}{V^2 \cdot X_t^{Z_t} \cdot X_T^{Z_T} \cdot X_P^{Z_P}}, \quad (16)$$

где  $Z_{RH}$ ,  $Z_{\Pi}$ ,  $Z_t$ ,  $Z_T$ ,  $Z_P$  – переменные факторов  $X_i$ , принимающие значения 0, если соответствующий фактор не учитывается в формуле сложности  $Y_{Ai}$ , и 1 – если фактор учитывается.

С целью нормировки  $Y_{Ai}$  по среднеквадратичному отклонению

$$\sigma(Y_A) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{Ai} - \bar{Y}_A)^2}{n-1}} \quad (17)$$

выражение (16) принимает окончательный вид:

$$Y_{Bi} = \frac{L_H \cdot \bar{H}_i \cdot K_i \cdot X_{RH}^{Z_{RH}} \cdot X_{\Pi}^{Z_{\Pi}}}{V^2 \cdot X_t^{Z_t} \cdot X_T^{Z_T} \cdot X_P^{Z_P} \cdot \sigma(Y_A)}. \quad (18)$$

С учётом того факта, что в (18) присутствует фактор угла наклона дороги  $K_i$ , принимающий в зависимости от подъёма или спуска соответственно положительное или отрицательное значение, выражение для оценки сложности было преобразовано для смещения результата в область положительных значений, то есть

$$Y_{Ci} = Y_{Bi} - Y_{B\min}, \quad (19)$$

где  $Y_{B\min}$  – минимальное значение  $Y_{Bi}$ .

С целью проверки предлагаемых подходов и оценки сложности маршрута были проведены экспериментальные исследования на автодороге Душанбе – Шахристан в Республике Таджикистан [1-3]. При получении экспериментальных данных использовалась спутниковая система мониторинга транспорта GPS/ГЛОНАСС, которая была установлена на легковом автомобиле марки KIA Optima, работающем на СУГ [1, 2]. Данная система позволяет учитывать режим движения автомобиля, его скорость, местоположение и расход топлива.

На основе указанных первичных данных была получена зависимость сложности движения автотранспортного средства на каждом  $i$ -м участке маршрута от совокупности выше отмеченных факторов с учётом нормировки по среднеквадратичному отклонению  $\sigma(Y)$ .

В процессе проведения исследований и обработки информации были получены зависимости сложности маршрута от факторов условий движения (например, средняя скорость и крутизна дорожного профиля), которые представлены на трёхмерных графиках для прямого (рис. 1), обратного (рис. 2) и совместного (рис. 3) направления движения автомобиля на маршруте трассы Душанбе – Шахристан – Душанбе. Одновременно разработаны двухфакторные математические модели зависимости сложности маршрута от отмеченных выше факторов.

Аналитические регрессионные уравнения, описывающие сложность маршрутов движения на различных участках в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля, имеют следующий вид:

- сложность маршрута в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан (см. рис. 1)

$$\tilde{Y} = 2,7346 - 0,0077 \cdot K + 14,2537 \cdot V; \quad (20)$$

- сложность маршрута в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля на автодороге Шахристан – Душанбе (см. рис. 2)

$$\tilde{Y} = 1,8754 + 0,0084 \cdot K + 15,0062 \cdot V; \quad (21)$$

- сложность маршрута в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан – Душанбе (см. рис. 3)

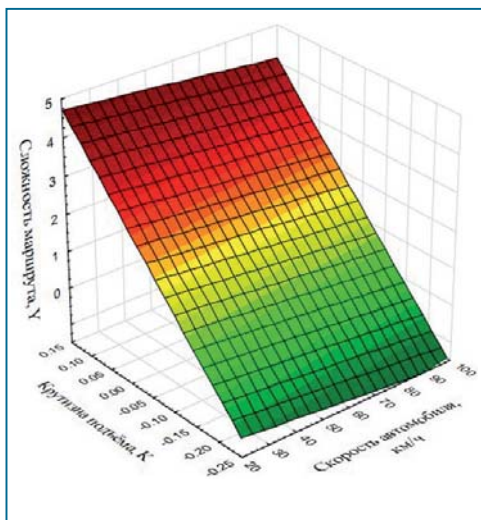
$$\tilde{Y} = 2,4631 - 0,0027 \cdot K + 14,7996 \cdot V. \quad (22)$$

На представленных трёхмерных графиках (рис. 1-3) видно, что сложность движения автомобиля растёт с увеличением крутизны подъёма и практически не меняется с изменением скорости. Причём, наибольшее значение сложности достигается при движении с максимальным подъёмом.

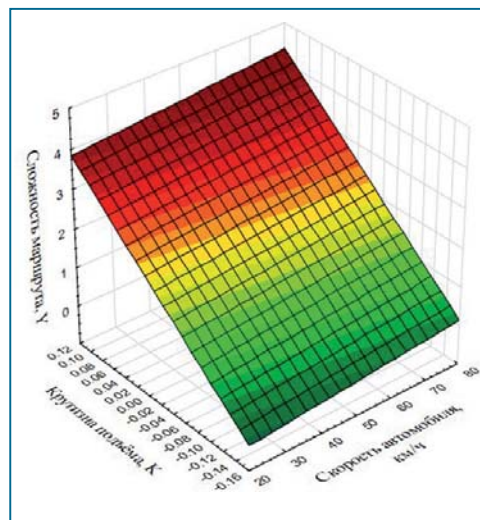
Для изучения влияния таких параметров, как средняя высота участка на маршруте и средняя скорость движения, на параметр сложности маршрута были построены соответствующие трёхмерные зависимости (рис. 4-6).

Аналитические регрессионные уравнения, описывающие сложность маршрутов движения на различных участках в зависимости от средней высоты участка и скорости движения автомобиля, имеют следующий вид:

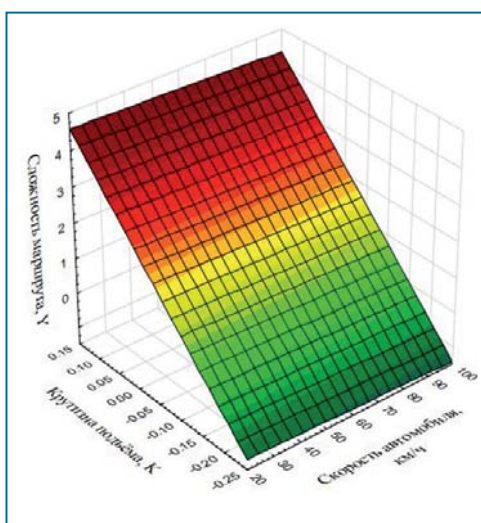




**Рис. 1.** Сложность маршрута в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан



**Рис. 2.** Сложность маршрута в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля на автодороге Шахристан – Душанбе



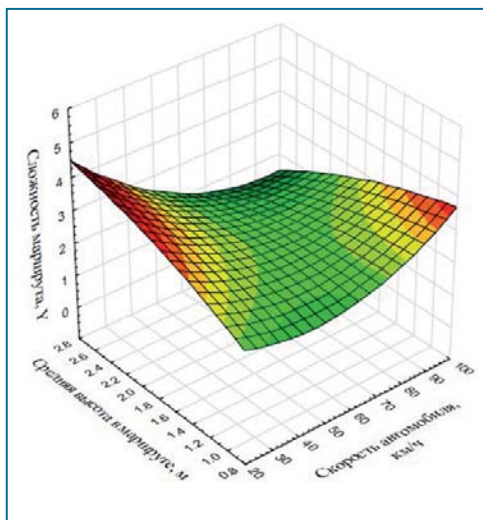
**Рис. 3.** Сложность маршрута в зависимости от крутизны подъёма и скорости автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан – Душанбе

• сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и скорости движения автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан (рис. 4)

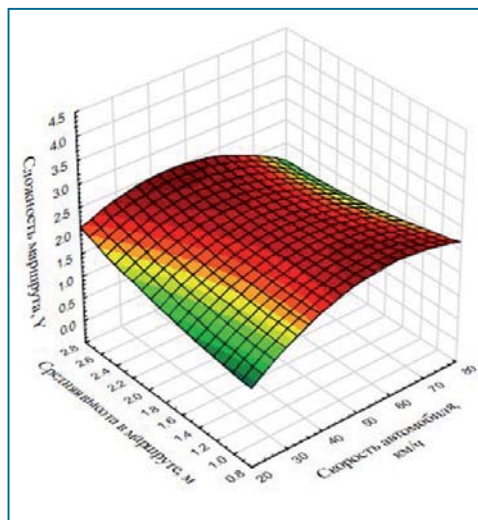
$$\tilde{Y} = 1,3463 - 0,266 \cdot \bar{H} + 2,4508 \cdot V + 0,0005 \cdot \bar{H}^2 - 0,0265 \cdot \bar{H} \cdot V - 0,247 \cdot V^2; \quad (23)$$

• сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и скорости движения автомобиля на автодороге Шахристан – Душанбе (рис. 5)

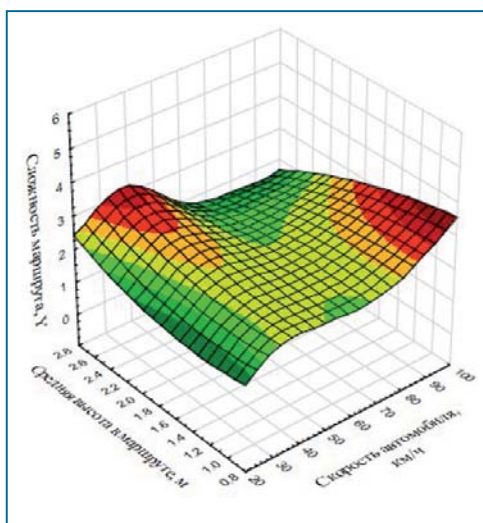
$$\tilde{Y} = -0,464 + 0,0976 \cdot \bar{H} + 0,561 \cdot V - 0,0007 \cdot \bar{H}^2 - 0,0117 \cdot \bar{H} \cdot V + 0,1372 \cdot V^2; \quad (24)$$



**Рис. 4.** Сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и скорости движения автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан



**Рис. 5.** Сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и скорости движения автомобиля на автодороге Шахристан – Душанбе



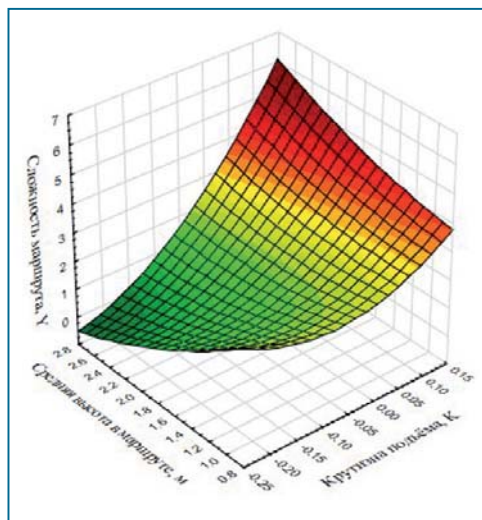
**Рис. 6.** Сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Душанбе – Шахристан – Душанбе

• сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и скорости движения автомобиля на автодороге Душанбе – Шахристан – Душанбе (рис. 6).

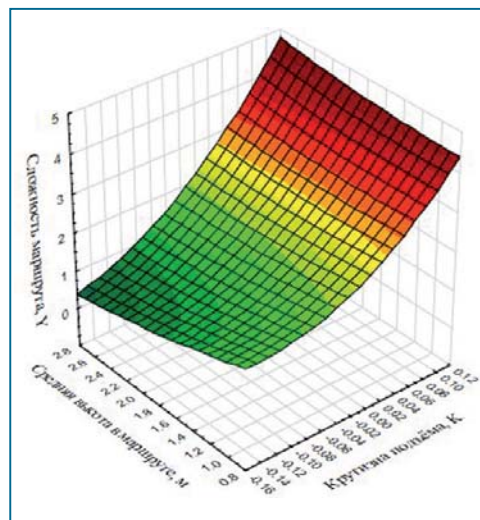
$$\tilde{Y} = 1,0248 + 0,0113 \cdot \bar{H} + 1,3065 \cdot V + 0,0002 \cdot \bar{H}^2 - 0,0231 \cdot \bar{H} \cdot V + 0,0162 \cdot V^2 \quad (25)$$

Данные зависимости носят неоднозначный характер и обусловлены направлением (туда и обратно) проезда автомобиля на маршруте.

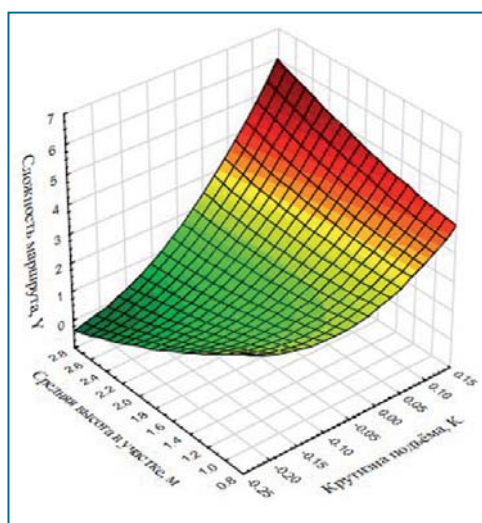
При движении в прямом направлении (в основном на подъём) наибольшую



**Рис. 7.** Сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Душанбе – Шахристан



**Рис. 8.** Сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Шахристан – Душанбе



**Рис. 9.** Сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Душанбе – Шахристан – Душанбе

сложность имеет движение с малой скоростью на самой большой высоте. Минимальная сложность наблюдается на наименьшем подъёме и при минимальной скорости (рис. 4).

При движении в обратном направлении с преобладанием спусков (рис. 5.) наибольшая сложность наблюдается при средних скоростях движения, а при высоких и низких скоростях сложность снижается ещё сильнее, чем при движении в прямом направлении.

При изучении указанных зависимостей при движении в прямом и обратном

направлениях (см. рис. 6.) наибольшая сложность возникает на средних скоростях (порядка 40 км/ч) и максимальной высоте либо при максимальных скоростях на минимальной высоте.

Одновременно анализировалось влияние средней высоты участка и крутизны подъёма на сложность движения на соответствующих графиках (рис. 7-9).

Аналитические регрессионные уравнения, описывающие сложность маршрутов движения на различных участках в зависимости от средней высоты участков и крутизны подъёмов, имеют следующий вид:

- сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Душанбе – Шахристан (рис. 7)

$$\tilde{Y} = 3,1594 - 1,3394 \cdot \bar{H} - 1,1911 \cdot K + 29,8165 \cdot \bar{H}^2 + 7,4213 \cdot \bar{H} \cdot K + 0,3375 \cdot K^2; \quad (26)$$

- сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Шахристан – Душанбе (рис. 8)

$$\tilde{Y} = 2,8023 + 9,0463 \cdot \bar{H} - 0,5191 \cdot K + 39,1656 \cdot \bar{H}^2 + 2,947 \cdot \bar{H} \cdot K + 0,1023 \cdot K^2; \quad (27)$$

- сложность маршрута в зависимости от средней высоты участка и крутизны подъёма на автодороге Душанбе – Шахристан – Душанбе (рис. 9)

$$\tilde{Y} = 2,9627 - 0,0228 \cdot \bar{H} - 0,9057 \cdot K + 32,4937 \cdot \bar{H}^2 + 6,8423 \cdot \bar{H} \cdot K + 0,2477 \cdot K^2. \quad (28)$$

Таким образом, сложность участков маршрута напрямую зависит от высоты участка и крутизны подъёма – чем больше крутизна и высота, тем сложнее участок движения.

## Выводы

Из полученных результатов эксперимента следует, что предложенные теоретические и разработанные математические модели корректно отражают обобщающий фактор – сложность движения легкового автомобиля на каждом участке выбранного высокогорного маршрута – и не противоречат здравому смыслу. Представленные на графиках зависимости сложности маршрута от ряда факторов, которые построены на основании экспериментальных данных, позволяют судить о вкладе каждого из рассмотренных факторов в указанный обобщающий параметр сложности. В ходе дальнейших исследований планируется определить функциональную зависимость расхода газового топлива от обобщающего параметра сложности и на основе этого получить индивидуальную норму расхода газового топлива для любого участка маршрута при движении автомобилей, работающих на СУГ в горных условиях эксплуатации.

### Использованные источники

76

1. Мирон Б.К. Результаты исследования расхода СУГ в горных условиях Республики Таджикистан / Б.К. Мирон, Ю.В. Панов, П.В. Бушуев, В.А. Зенченко / Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 77-й научно-метод. и научно-исслед. конф. / МАДИ. – М.: МАДИ, 2019. – С. 117-120.

2. Панов Ю.В. Автомобильный бортовой телеметрический комплекс и система измерения уровня топлива для нормирования и контроля расхода СУГ в горных условиях Таджикистана / Ю.В. Панов, Б.К. Мирон, В.А. Зенченко, П.В. Бушуев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2019. – № 2. – С. 63-71.

3. Панов Ю.В. Информационные технологии контроля и нормирования расхода СУГ для автомобилей / Ю.В. Панов, Б.К. Мирон, Р.К. Вульман // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 76-й научно-метод. и научно-исслед. конф. / МАДИ. – М.: МАДИ, 2018. – С. 166-172.

4. Панов Ю.В. Обзор подходов при корректировке норм расхода топлива в условиях Таджикистана / Ю.В. Панов, Б.К. Мирон // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: сб. науч. тр. по материалам 75-й научно-метод. и научно-исслед. конф. / МАДИ. – М.: МАДИ, 2017. – С. 152-155.

5. Зенченко В.А. К вопросу моделирования характеристик транспортных потоков и оценки сложности дорожного движения / В.А. Зенченко, А.Н. Ременцов, А.В. Павлов, А.В. Сотсков // Грузовик. – 2012. – № 8. – С. 34-38.

6. Зенченко В.А. Обоснование выбора совокупности показателей для оценки трафика движения автотранспортных средств / В.А. Зенченко, А.Н. Ременцов, А.В. Павлов, А.В. Сотсков // Грузовик. – 2012. – № 5. – С. 38-43.

## АВТОВАЗ представил спецверсии трёх моделей Lada

Российская компания АВТОВАЗ представила новую лимитированную серию #CLUB для моделей LADA Granta, LADA XRaY и LADA Largus. Машины специальной серии отличаются оригинальным дизайном, а также дополнительным оснащением, ранее доступным только в максимальных комплектациях.

Как сообщает пресс-служба «АвтоВАЗа», все автомобили новой серии получили особые шильдики #CLUB на багажной двери, новую обивку сидений с вышитым названием серии с оранжевым хэштегом, двухцветные колёсные диски специального дизайна, корпуса наружных зеркал чёрного цвета, парктроники и другое полезное оборудование.

Новая концепция #CLUB досталась сразу трём семействам автомобилей LADA: LADA Granta, LADA XRaY и LADA Largus. Оснащение моделей идентично комплектации Comfort, дополненной некоторыми опциями топовой версии Luxe, которые будут доступны по специальной цене.

LADA Granta #CLUB комплектуется двумя вариантами 1,6-литрового двигателя мощностью 87 и 106/98 л.с. Оба варианта работают в паре с пятиступенчатой «механикой» и «роботом» АМТ. Оснащение включает базовые опции комфорта комплектации Comfort (кондиционер, подогрев сидений и пр.), а также обогрев лобового стекла и парктроник из комплектации Luxe.

<https://avtonovostidnya.ru>

Фото АВТОВАЗ



LADA Granta #CLUB



LADA XRaY #CLUB



LADA Largus #CLUB

### Abstracts of articles

*P. 45*

#### *Economic efficiency boundary conditions calculation for mobile gas filling station operation*

**Zinin Vasily, Kosarev Alexey, Ismailov Timur**

There are some tens of mobile gas refuellers are in operations in Russia. The special economic model is developed for the calculation of economic efficiency boundary conditions of mobile gas refuellers operations on the territory of the country.

**Keywords:** CNG, economic model, economic efficiency, mobile gas filling station

*P. 52*

#### *LNG regasification*

**Anatoly Safarov**

More than 26% of all natural gas produced in the world is currently liquefied and transported in liquid form. Liquefied natural gas (LNG) is the most environmentally friendly and safe type of fuel from the mass used. LNG is obtained from natural gas by compression, purification from impurities, followed by cooling. During liquefaction, natural gas condensed by about 600 times. Liquefied natural gas is convenient for storage and transportation. LNG is a promising energy carrier and provides economic and environmental efficiency in relation to other types of fuel.

**Keywords:** liquefied natural gas, LNG regasification, regasification terminal.

*P. 58*

#### *Reliability standards for natural gas equipment vehicle*

**Andrey Evstifeev**

The adoption of various constructive and design decisions at the stage of development of the final design of a vehicle using natural gas as a motor fuel requires taking into account a number of factors affecting the technical and operational characteristics of the finished car. Moreover, in the framework of modern marketing strategies, cars have a certain level of reliability, limited by modern regulatory requirements. The reliability standards of the used vehicle components are recommended to be selected or synchronized with the terms of its operation and the periods of maintenance in general. The article shows the difficulties that arise when using components of natural gas equipment with long service life, with a limited resource of a modern vehicle. The concept of preventive elemental replacement of equipment components with limited lifetimes is proposed, the sources of the effectiveness of this conceptual approach are shown.

**Keywords:** operating periods, periodic maintenance, reliability margin, useful life synchronization, vehicle components, high pressure gas cylinders, compressed natural gas (CNG).

**P. 67**

***Factors affecting the complexity of the route of a car using LPG as a fuel in mountain conditions***

Behruz Mirov (Tajikistan), Yuri Panov, Valery Zenchenko, Pavel Bushuev

The article considers the main factors affecting the complexity of the route of a passenger car in mountainous conditions. Assessment of the complexity of the route was carried out in the process of conducting experimental studies using a KIA Optima passenger car running on liquefied petroleum gas (LPG). The tested site was the Dushanbe – Shahrstan Republic of Tajikistan (RT) highway [1-4]. Based on the obtained experimental data, mathematical models and graphical dependences of the complexity of the sections on the route on the given studied factors are constructed.

**Keywords:** mountain conditions, liquefied petroleum gas, route complexity, satellite transport monitoring system.

***References***

1. Mirov B.K. The results of the study of LPG consumption in the mountainous conditions of the Republic of Tajikistan / B.K. Mirov, Yu.V. Panov, P.V. Bushuev, V.A. Zenchenko / Problems of technical operation and car service of rolling stock of automobile transport: Sat. scientific tr based on materials of the 77th scientific, methodical and research. conf. / MADI. – M.: MADI, 2019. – P. 117-120.
2. Panov Yu.V. Automobile onboard telemetry complex and fuel level measuring system for rationing and control of LPG consumption in the mountains of Tajikistan / Yu.V. Panov, B.K. Mirov, V.A. Zenchenko, P.V. Bushuev // Transport on alternative fuel. – 2019. – No. 2. – P. 63-71.
3. Panov Yu.V. Information technology for monitoring and regulation of LPG consumption for automobiles / Yu.V. Panov, B.K. Mirov, R.K. Vulman // Problems of technical operation and car service of rolling stock of automobile transport: Sat. scientific tr based on materials from the 76th scientific, methodical and research. conf. / MADI. – M.: MADI, 2018. – P. 166-172.
4. Panov Yu.V. Overview of approaches to adjusting fuel consumption in Tajikistan / Yu.V. Panov, B.K. Mirov // Problems of technical operation and car service of rolling stock of automobile transport: collection of articles. scientific tr based on the materials of the 75th scientific, methodical and research. conf. / MADI. – M.: MADI, 2017. – P. 152-155.
5. Zenchenko V.A. On the issue of modeling the characteristics of traffic flows and assessing the complexity of traffic / V.A. Zenchenko, A.N. Rementsov, A.V. Pavlov, A.V. Sotskov // Truck. – 2012. – No. 8. – S. 34-38.
6. Zenchenko V.A. The rationale for the selection of indicators for assessing traffic of vehicles / V.A. Zenchenko, A.N. Rementsov, A.V. Pavlov, A.V. Sotskov // Truck. – 2012. – No. 5. – S. 38-43.



### Авторы статей в журнале № 5 (71) 2019 г.

**Бушуев Павел Владимирович**,  
научный сотрудник кафедры  
«Эксплуатация автомобильного транспорта  
и автосервис», кафедры «Металловедение  
и термообработки», Института Независимой  
Автотехнической Экспертизы «ИНАЭ-МАДИ»,  
к.т.н, Москва,  
тел. +7 (999) 919 84 83,  
e-mail: helpsol@yandex.ru

**Евстифеев Андрей Александрович**,  
заместитель директора Центра использования газа  
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

**Зенченко Валерий Александрович**,  
профессор кафедры «Эксплуатация  
автомобильного транспорта и автосервис»  
МАДИ (ГТУ), к.т.н., Москва,  
тел. +7 (925) 301 41 65,  
e-mail: zvaeats@yandex.ru

**Зинин Василий Леонидович**,  
начальник отдела ПАО «Газпром»,  
исполнительный директор Национальной  
газотехнической ассоциации, к.э.н.  
тел.: +7 812 641 3609  
e-mail: v.zinin@ngvrus.ru

**Исмаилов Тимур Исмаилович**,  
заведующий отделом  
ООО «НИИГазэкономика», к.т.н.  
тел.: +7 495 719 2193  
e-mail: T.Ismailov@econom.gazprom.ru,

**Косарев Алексей Юрьевич**,  
заместитель директора центра – заведующий отделом  
ООО «НИИГазэкономика», к.э.н.  
тел.: +7 495 719 2038  
e-mail: A.Kosarev@econom.gazprom.ru,

**Миров Бехруз Кудратович**,  
(гражданин Таджикистана)  
аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного  
транспорта и автосервис» МАДИ, Москва,  
тел. +7 (967) 177 00 92,  
e-mail: behruz.mirov@mail.ru

**Панов Юрий Владимирович**,  
профессор кафедры  
«Эксплуатация автомобильного транспорта  
и автосервис» МАДИ (ГТУ), к.т.н., Москва,  
тел. +7 (916) 149 60 11,  
e-mail: panovyur@mail.ru

**Пронин Евгений Николаевич**,  
координатор проекта «Голубой коридор»,  
e-mail: e.pronin@mail.ru

**Сафаров Анатолий Эдуардович**,  
Начальник сектора конструирования  
криогенного оборудования  
ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг» (MV&F)  
107023, г.Москва, Мажоров пер. д.14,  
тел. +7 (495) 988-64-44,  
e-mail: mail@mvif.ru

### Contributors to journal issue № 5 (71) 2019

**Bushuev Pavel**,  
PhD, research associate,  
Department of Automotive Transport Operation  
and Car Service, and Department  
of Metal Science and Heat Treatment,  
Institute of Independent Autotechnical  
Examination INAE-MADI,  
tel: +7 (999) 919 84 83,  
e-mail: helpsol@yandex.ru

**Evstifeev Andrey**,  
Deputy Director of the Center for the Use of Gas,  
Gazprom VNIIGAZ OOO, Candidate of Technical  
Sciences, p/o 130, Moscow, Russia, 115583,  
e-mail: A\_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

**Ismailov Timur**,  
Head of Division NIIGazekonomika LLC,  
Candidate of Technical Sciences,  
tel: +7 495 719 2193  
e-mail: T.Ismailov@econom.gazprom.ru

**Kosarev Alexey**,  
Deputy Head of Department –  
Head of Division NIIGazekonomika LLC,  
Candidate of Economic Sciences,  
tel: +7 495 719 2038  
e-mail: A.Kosarev@econom.gazprom.ru

**Mirov Bekhruz**,  
postgraduate (a citizen of Tajikistan),  
department «Operation of road transport  
and auto repair» MADI, Moscow,  
tel: +7 (967) 177 00 92,  
e-mail: behruz.mirov@mail.ru

**Panov Yury**,  
cand. sc., professor MADI,  
mobile phone: + 916-149-60-11,  
e-mail: panovyur@mail.ru

**Pronin Eugene**,  
coordinator of the «Blue Corridor» project,  
e-mail: e.pronin@mail.ru

**Safarov Anatoly**,  
Head of the Cryogenic Equipment Design Sector,  
OOO Monitoring Valve and Fitting (MV&F),  
e-mail: mail@mvif.ru

**Zenchenko Valery**,  
cand. sc., professor MADI,  
e-mail: zvaeats@yandex.ru

**Zinin Vasily**,  
Head of Division Gazprom PJSC,  
Chief Executive of National gas vehicles association,  
Candidate of Economic Sciences,  
tel: +7 812 641 3609  
e-mail: v.zinin@ngvrus.ru