

# транспорт на альтернативном топливе →



**5**

Общее годовое собрание членов НГА

**37**

Основные тенденции на водородном рынке

**68**

Конъюнктура топливного рынка: тренд на устойчивое развитие



ISSN 2073-1329



# В НОМЕРЕ

- 03** Члены Национальной газомоторной ассоциации, 2021 год
- 05** Общее годовое собрание членов НГА
- 09** Успешное выступление команд «КАМАЗ-мастер» в ралли «Шёлковый путь»
- 12** Состоялось заседание Госсовета по развитию рынка ГМТ
- 13** Выпуск 10-тысячного биотопливного автомобиля – свидетельство роста спроса на экологичный транспорт
- 14** Волгоградская область ежегодно потребляет около 30 млн кубометров ГМТ
- 15** Сахалинская область принимает меры по поддержке использования ГМТ
- 16** В Астраханской области вблизи трассы Р-215 строится газозаправочная станция
- 17** В Свердловской области спрос на метан вырос в два раза
- 19** Концерн Scania представил в Оренбуржье новые модели техники на ГМТ
- 20** 150-я СПГ-бункеровка танкеров зелёной серии СКФ
- 22** Первый российский водородный автомобиль
- 24** Обзор российских и зарубежных СМИ
- 32** Tesla представила свой самый быстрый электромобиль
- 33** Аэробусы на биотопливе: полёт за океан и эксперименты со стопроцентным SAF
- 35** Технология метанольных топливных элементов Blue World Technologies
- 37** Основные тенденции на водородном рынке
- 48** На дорогах Эстонии появились беспилотные автомобили на водородных топливных элементах
- 49** **В.С. Зарубин, Я.Г. Осадчий**  
О возможной интенсификации теплоотвода при заполнении газообразным водородом металлокомпозитного шарового баллона
- 57** **А.А. Евстифеев**  
Методы диагностики и управления техническим состоянием основного оборудования АГНКС  
*Контроль и методы снижения вибрации компрессорных установок*
- 68** **И.В. Пискунов, О.Ф. Глаголева, И.А. Голубева**  
Альтернативные виды топлив для устойчивого развития транспортного сектора  
*Часть 1. Газомоторное топливо*
- 78** ABSTRACTS OF ARTICLES
- 80** АВТОРЫ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ № 4 (82) 2021 г.

Международный научно-технический журнал  
«Транспорт на альтернативном топливе» № 4 (82) | 2021 г.

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.  
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114. Включен в Перечень ВАК

**УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ**  
АОГМТ «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА).

**ПЕРИОДИЧНОСТЬ**  
6 номеров в год

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**  
**А.Г. Ишков**  
заместитель начальника департамента - начальник управления ПАО «Газпром», д.х.н., профессор кафедры ЮНЕСКО «Зелёная химия для устойчивого развития»  
РХТУ им. Д.И. Менделеева

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ**

**С.П. Горбачев**  
профессор, главный научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

**В.А. Грачёв**  
д.т.н., Президент Неправительственного экологического фонда им. В.И. Вернадского

**В.И. Ерохов**  
профессор «Московского Политеха», д.т.н.

**В.Л. Зинин**  
заместитель начальника управления – начальник отдела ПАО «Газпром», исполнительный директор НГА, к.э.н., зам. гл. редактора

**Р.З. Кавтарадзе**  
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**С.И. Козлов**  
д.т.н.

**В.А. Марков**  
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**Б.А. Моргунов**  
директор Института экологии НИУ ВШЭ, д.г.н.

**Ю.В. Панов**  
профессор МАДИ, к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**  
профессор Российского университета дружбы народов, д.т.н.

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

**Н.Г. Рыбальский**  
профессор МГУ, д.б.н.

**А.Е. Тавдишвили**  
руководитель направления внешних коммуникаций и специальных проектов НГА, зам. гл. редактора

**Н.П. Тарасова**  
профессор, директор Института проблем устойчивого развития Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, д.х.н.

**В.Н. Фатеев**  
зам. директора НИЦ «Курчатовский институт», д.х.н.

**В.С. Хахалкин**  
зам. директора по стратегическому развитию ОАО «МГПЗ»

**Г.А. Ярыгин**  
профессор Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, д.т.н.

**РЕДАКТОР**  
О.А. Ершова  
E-mail: transport.1@ngvrus.ru  
Тел.: +7 965 439-80-23

**ОТДЕЛ ПОДПИСКИ И РЕКЛАМЫ**  
E-mail: web@ngvrus.ru  
www.ngvrus.ru

**ПЕРЕВОД**  
А.И. Хлыстова

**КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА**  
И.В. Шерстюк

Отпечатано с представленного электронного оригинал-макета в типографии «ТалерПринт» 109202, г. Москва, ул. 1-ая Фрезерная, д. 2/1  
Номер заказа  
Сдано на верстку 15.06.2021 г.  
Подписано в печать 15.07.2021 г.  
Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз.  
Бумага мелованная.  
Печать офсетная, печ. л. 10,5  
При перепечатке материалов ссылка на журнал «Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.  
Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах

Фото на обложке  
Антон Еликова, КАМАЗ-мастер



# CONTENTS

- 03** Members of National Gas Vehicle Association in 2021
- 05** General annual meeting of National Gas Vehicle Association
- 09** Successful performance of KAMAZ-master teams in the Silk Way Rally
- 12** The State Council meeting on the development of the NFV market
- 13** Release of the 10,000th bi-fuel car as the evidence of growing demand for sustainable transport
- 14** The Volgograd Region annually consumes about 30 million cubic meters of natural gas fuel
- 15** The Sakhalin Region takes measures to support the use of natural gas fuel
- 16** Gas filling station to be constructed in the Astrakhan region near the P-215 highway
- 17** Demand for methane has doubled in the Sverdlovsk Region
- 19** Scania presented new models of natural gas fuel equipment in the Orenburg region
- 20** 150th LNG bunkering of SCF group «green series» tankers
- 22** The first Russian hydrogen car
- 24** Review of Russian and foreign media
- 32** Tesla unveils its fastest electric car
- 33** Airbus on biofuel. Flying overseas and experimenting with 100% SAF
- 35** Methanol fuel cell technology Blue World Technologies
- 37** Primary trends in the hydrogen market
- 48** Self-driving hydrogen fuel cell vehicles on Estonian roads
- 49** **Vladimir Zarubin, Yakov Osadchy** Possible intensification of heat sink when filling metal-composite ball cylinder with hydrogen gas
- 57** **Andrey Evstifeev** Methods for diagnostics and control of technical condition of CNG filling stations' main equipment *Vibration control and mitigation methods for compressor units*
- 68** **Ivan Piskunov, Olga Glagoleva, Irina Golubeva** Alternative Fuels for Sustainable Development of the Transport Sector *Part 1. Gas engine fuel*
- 78** ABSTRACTS OF ARTICLES
- 80** CONTRIBUTORS TO JOURNAL ISSUEN<sup>o</sup> 4 (82) 2021

«Alternative Fuel Transport»  
international science and technology journal, No. 4 (82) | 2021

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

**FOUNDER AND PUBLISHER**  
Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle Association (NGVA).

**PUBLISHED**  
6 issues a year

**EDITOR-IN-CHIEF**  
**Ishkov, A.G.**  
Deputy chief of department - managing director, Public Joint Stock Company Gazprom, Doctor of Chemistry, Professor, UNESCO Chair «Green Chemistry for Sustainable Development», D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

**EDITORIAL BOARD MEMBERS**  
**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.**  
President of the Non-Governmental Environment Facility named after V.I. Vernadsky

**Kavtaradze, R.Z.**  
Professor of N.E. Bauman's MGТУ, Doctor of Engineering

**Khakhalkin, V.S.**  
Deputy Strategic Development Director, OAO «MGПЗ»

**Kozlov, S.I.**  
Doctor of Engineering

**Markov, V.A.**  
Professor of N.E. Bauman's MGТУ, Doctor of Engineering

**Morgunov, B.A.**  
Director, Institute of Ecology, National Research University Higher School of Economics, Doctor of Geographic Sciences

**Panov, Y.V.**  
Professor of MADI (GTU), PhD

**Pratrakhaltsev, 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

**Tarasova, N.P.**  
Professor, Doctor of Chemical Sciences, Director, Institute of Chemistry and Problems of Sustainable Development, Russian University of Chemical Technology named after D.I. Mendeleev

**Tavidishvili, A.E.**  
Head of External Communications and Special Projects, NGVA, deputy chief editor

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

**Zinin, V.L.**  
Deputy Head of Department – Head of Department of PJSC Gazprom, Executive Director of NGVA, Candidate of economic sciences, deputy chief editor

**EDITOR**  
**Ershova, O.A.**  
E-mail: transport.1@ngvrus.ru  
Phone: +7 965 439-80-23

**SUBSCRIPTION AND DISTRIBUTION DEPARTMENT**  
E-mail: web@ngvrus.ru  
www.ngvrus.ru

**TRANSLATION BY**  
Khlystova, A.I.

**COMPUTER IMPOSITION**  
Sherstyuk, I.V.

Order number  
Passed for press on 15.06.2021  
Endorsed to be printed on 15.07.2021  
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.

# Члены Национальной газомоторной ассоциации, 2021 год

За последнее время число членов Национальной газомоторной ассоциации увеличилось в 2 раза и составляет 122 организации, коротые являются ключевыми участниками рынка газомоторного топлива

## АГРЕГАТОРЫ ТАКСИ

ООО «Яндекс Такси»

## ВЛАДЕЛЬЦЫ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

ООО «Ванкорское УТТ»

ООО «Газпром газомоторное топливо»

ООО «Газпром СПГ-технологии»

ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

ООО «Новатэк-АЗК»

## ВЛАДЕЛЬЦЫ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ БУНКЕРОВКИ СУДОВ

ООО «Газпромнефть Марин Бункер»

## ИНОСТРАННЫЕ КОМПАНИИ (НЕРЕЗИДЕНТЫ ЕАЭС)

Fornovo Gas S.p.a.

KOA ENG Co., LTD

Kwangshin Machine Industry Co., LTD

АО UNIDOM Co., LTD

Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.

Представительство Юнипер Глобал Коммодитиз СЕ (Германия)

## ВЛАДЕЛЬЦЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (ДО ДВУХ СУБЪЕКТОВ РФ)

ООО «Корпорация Роснефтегаз»

АО «МГПЗ»

ООО «Региональная газовая компания»

## ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ КОМПАНИИ (ДОСТУП К ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ГАЗУ, АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ И Т.Д.)

АО «Газпром газораспределение Белгород»

ООО «Газпром межрегионгаз Иваново»

ООО «Газпром межрегионгаз Москва»

ООО «Газпром межрегионгаз Пермь»

ООО «Газпром межрегионгаз Самара»

## ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ, НИИ, ВУЗЫ

АО «ВНИКТИ»

ООО «ИЛ-16»

ООО «НИИгазэкономика»

ООО «НИИ экологии НГП»

ООО «Эйдос-Инновации»

## КОНСУЛЬТАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

АО «Агентство прямых инвестиций»

## ЛОГИСТИЧЕСКИЕ/ЭКСПЕДИТОРСКИЕ КОМПАНИИ

ООО «Алмаздортранс»

ООО «ИТЕКО Россия»

## НЕФТЕГАЗОВЫЕ КОМПАНИИ

ООО «Газпром добыча Иркутск»

ООО «Газпром добыча Краснодар»

ООО «Газпром добыча Надым»

ООО «Газпром добыча Уренгой»

ООО «Газпром добыча Ямбург»

ООО «Газпром переработка»

ООО «Газпром ПХГ»

ООО «Газпром трансгаз Волгоград»

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

ООО «Газпром трансгаз Казань»

ООО «Газпром трансгаз Краснодар»

ООО «Газпром трансгаз Махачкала»

ООО «Газпром трансгаз Москва»

ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»

ООО «Газпром трансгаз Самара»

ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург»

ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»

ООО «Газпром трансгаз Сургут»

ООО «Газпром трансгаз Томск»

ООО «Газпром трансгаз Уфа»

ООО «Газпром Трансгаз Чайковский»

## ППТО (ПУНКТ ПО ПЕРЕОБОРУДОВАНИЮ И ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ)

ИП Остапенко

ООО «Автогазоборудование»

ООО «БелТракСервис»

ООО «Гарант-Газ»

ООО «Метанмастерсервис»

ООО «НПС-Тракс»

ООО «ПАТИМ»

ООО «Тахограф»

ООО «ТрансЭнергоСтройгрупп»

## ПРЕДПРИЯТИЯ АПК (АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС)

ООО «ГК Агро-Белогорье»

## ПРОИЗВОДИТЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ТЕХНИКИ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

АО «Раритэк Холдинг»

ООО «Автомобильный завод ГАЗ»

АО «Автомобильный завод Урал»

ООО «АТС-сервис»

ООО «Ивеко Россия»

ООО «Мицубиси Корпорейшн (РУС)»

ООО «Скания-Русь»

ООО «Хендэ Мотор Мануфактуринг Рус»

ПАО «КАМАЗ»



## ЧЛЕНЫ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГАЗОМОТОРНОЙ АССОЦИАЦИИ

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ И ПОСТАВЩИКИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТС И ППО (В ТОМ ЧИСЛЕ ГБО)

ООО «Донварт – Гидравлические системы»  
ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»  
ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус»  
ООО «Газкомплект»  
ООО «Газпарт 95»  
ООО «ГазСервисКомпозит»  
ООО «Джи-джи солюшнс»  
ООО «Интергаз-Сервис»  
ООО «Интехгаз»  
ООО «Флюид Лайн»  
ООО «Цилиндерсрус»  
ООО «Эра Глонасс»  
ООО НПФ «Реал-Шторм»

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ

АО «Барренс»  
ЗАО «Комптех»  
ООО «Бауэр Компрессоры»  
ООО «Компрессор газ»  
ООО «Краснодарский компрессорный завод»  
ООО «Уфимский компрессорный завод»  
ООО «Челябинский компрессорный завод»

### ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ГАЗОЗАПРАВОЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

АО «Газпром оргэнергогаз»  
АО «ГЛОБАЛ И ЭНД СИ СОЛЮШНС ФРАНЦИЯ»  
АО «Грасис Инжиниринг»  
ОАО НПО «Гелиймаш»  
ООО «Брянск-Автогаз»  
ООО «Геокадинжиниринг»  
ООО «Кировский завод Газовые технологии»  
ООО «Криогазтех»  
ООО «КРИОСТАР РУС»  
ООО «ЛЕВИТЭК»  
ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг»  
ООО «НПК НТЛ»  
ООО «НПО «Нефтехимпроект»  
ООО «НТА-Пром»  
ООО «РМ КПГ»  
ООО «СервисАрт»  
ООО «СПГ Проект Инжиниринг»  
ООО «Тегрус»  
ООО «Тегрус Комплект»  
ООО «Трансстрой»  
ООО ИК «ПромТехСервис»  
ООО НПК «ЛенПромАвтоматика»  
ООО «Эйр Продактс»  
ПАО «Газпром автоматизация»

### ФИНАНСОВЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ

АО «Сбербанк Лизинг»  
ПАО «ГТЛК»

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ООО «ТК «Экотранс»

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ООО «АК-БУР Сервис»

### ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОМПАНИИ

ООО «Газпром энерго»  
ООО «Газпром энергосбыт»  
ПАО «Мосэнерго»  
ПАО «МОЭК»  
ПАО «ОГК-2»  
ПАО «ТГК 1»

## Общее годовое собрание членов НГА

24 июня в Санкт-Петербурге состоялось общее годовое собрание Членов Национальной газомоторной ассоциации. В работе собрания приняли участие более 60 компаний-членов Ассоциации, а также около 20 компаний, претендентов на вступление в Ассоциацию. На повестке стояло 9 вопросов, по каждому из которых получено положительное решение большинства присутствующих.

Протокол общего собрания опубликован на официальном сайте Ассоциации в разделе «Документы».

Председателем общего собрания выступил Валерий Александрович Голубев. Он произнёс приветственную речь и заявил, что на собрании присутствуют представители более половины от общего числа компаний-членов Ассоциации, а, значит, кворум имеется.

Повестка дня общего собрания состояла из девяти вопросов:

1. Об утверждении Реестра членов Национальной газомоторной ассоциации.
2. О ключевых проблемных вопросах и приоритетных направлениях деятельности.
3. Об утверждении Годового отчёта Национальной газомоторной ассоциации за 2020 год.
4. Об избрании Ревизионной комиссии Национальной газомоторной ассоциации.
5. О продлении полномочий исполнительного директора Национальной газомоторной ассоциации.
6. Об избрании Совета Национальной газомоторной ассоциации.
7. Об утверждении плана мероприятий по популяризации метана в качестве топлива для транспорта.
8. О согласовании порядка принятия решений об участии Ассоциации в международных некоммерческих организациях по газомоторной тематике.
9. Об организации образовательной и просветительской деятельности на площадке Ассоциации.

После голосования по первому вопросу с докладом выступили: Ященков Александр Николаевич – генеральный директор ООО «Брянск-Автогаз»; Акимова Надежда Петровна – генеральный директор ООО «Региональная газовая компания»; Гайдт Давид Давидович – член Совета Ассоциации; Пронин Евгений Павлович – директор по газомоторной технике ПАО «КАМАЗ». Они представили своё видение текущих проблем, стоящих перед отраслью.

Евгений Павлович выступил с докладом «Состояние нормативно-технической документации для газомоторной техники».

**СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЛЯ ГМТ НА КПГ**

Наименование раздела	Автомобили на КПГ
Требование к конструкции и разработке ГМТ	ТР ТС №018/2011 «О безопасности колесных ТС», правила ЕЭК ООН №110-01
Требования к эксплуатации, обслуживанию и ремонту (ТОиР)	РД 03112194-1095-03 "Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом природном газе"
Требования ПБ к зданиям и сооружениям для обслуживания и ремонта ГМТ	СП 364.1311500.2018 «Здания и сооружения для обслуживания а/м. Требования ПБ»
Требования к автостоянкам	Отсутствуют
Требования к освидетельствованию баллонов	ФНП «Правила ПБ опасных производственных объектов»
	ТР ТС №018/2011 «О безопасности колесных ТС»
Требования к переоборудованию	ТР ТС №018/2011 «О безопасности колесных ТС»
	ГОСТ Р 58697-2019 «Автомобильные транспортные средства. Порядок и процедуры методов контроля установки газобаллонного оборудования»
Требования к заправкам	СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования ПБ»

**СОСТОЯНИЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ДЛЯ ГМТ НА СПГ**

Наименование раздела	Автомобили на СПГ	
Требование к конструкции и разработке ГМТ	ТР ТС №018/2011 «О безопасности колесных ТС», правила ЕЭК ООН №110-01, ГОСТ 34601-2019 «АТС, работающие на СПГ. Криогенные системы питания»	
Требования к эксплуатации, обслуживанию и ремонту (ТОиР)	ГОСТ 34602-2019 «АТС, использующие газ в качестве моторного топлива. Общие техтребования к эксплуатации на СПГ, техника безопасности и методы испытаний»	
Требования ПБ к зданиям и сооружениям для обслуживания и ремонта ГМТ	Отсутствуют. Срок внесения изменений в СП 364.1311500.2018 «Здания и сооружения для обслуживания а/м. Требования ПБ» - декабрь 2022 г. (распоряжение Правительства РФ №350-р от 13.02.2021 г.)	
Требования к автостоянкам	Отсутствуют	
Требования к освидетельствованию баллонов	ФНП «Правила ПБ опасных производственных объектов»	
	ТР ТС №018/2011 «О безопасности колесных ТС»	
Требования к переоборудованию	ГОСТ 34601-2019 «АТС, работающие на СПГ. Криогенные системы питания»	
Требования к заправкам	КриозАЭС	Отсутствуют. Срок внесения изменений в СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования ПБ» - декабрь 2022 г. (распоряжение Правительства РФ №350-р от 13.02.2021 г.)
	Топливозаправочный пункт	СП 326.1311500.2017 «Объекты малотоннажного производства и потребления СПГ. Требования пожарной безопасности»

Из презентации Е.Пронина

Затем В. Зинин выступил с докладом о результатах работы Ассоциации в 2020 году и с предложениями по организации работы в 2021 году. Среди ключевых достижений отмечена организация системной информационно-аналитической работы, создание экспертной группы по развитию рынка ГМТ при Исполкоме СНГ, модернизация журнала «Транспорт на альтернативном топливе», проведение семинара по финансовым инструментам для ускоренного развития рынка, организация самого крупного в России автопробега на метане «Из Питера в Мирный на природном газе», работа над проектами по совершенствованию нормативного регулирования деятельности МАЭС и нормативного регулирования домашних метановых заправочных установок.

Хакимов Радик Хайдарович выступил с отчетом о работе Ревизионной комиссии. После чего был выбран новый состав Ревизионной комиссии на 2021-2022 гг. В новый состав вошли:



Перед участниками собрания выступает В.Зинин

- Шуманн Андрэ Манфредович, «Юнипер»;
- Хакимов Радик Хайдарович, ООО «ИЛ-16»;
- Гайнутдинов Рамиль Талгатович, ООО «Эйдос-Инновации».

Следующими вопросами повестки стало продление полномочий исполнительного директора на три года, а также избрание нового состава Совета Ассоциации.

Большинством голосов «за» полномочия Василия Леонидовича Зинина на должности исполнительного директора НГА были продлены. Новый Совет Ассоциации был избран в следующем составе:

- Голубев Валерий Александрович – председатель Совета;
- Исаков Николай Васильевич – заместитель председателя Совета;
- Хурцилава Владимир Сергеевич – заместитель председателя Совета;
- Зинин Василий Леонидович – заместитель председателя Совета;
- Ишков Александр Гаврилович – член Совета;
- Соин Тимур Игоревич – член Совета;
- Котов Павел Борисович – член Совета;
- Гайдт Давид Давидович – член Совета;
- Пронин Евгений Павлович – член Совета;
- Батыршин Рафаэль Римович – член Совета;
- Коробейников Владимир Николаевич – член Совета;
- Кули-Заде Аладдин Мусеиб оглы – член Совета;
- Хахалкин Вячеслав Сергеевич – член Совета;
- Пискун Павел Николаевич – член Совета;

- Зайцев Олег Николаевич – член Совета;
- Бабаев Евгений Александрович – член Совета;
- Рыжников Андрей Александрович – член Совета;
- Акимова Надежда Петровна – член Совета.

Затем с докладом выступил Александр Евгеньевич Тавдидишвили, руководитель направления внешних коммуникаций и специальных проектов Ассоциации. Он представил информацию о проводимой работе по организации отраслевых мероприятий, а также о мероприятиях, планируемых к проведению в 2021-2022 гг.

**План мероприятий на 2021-2022 гг.**

Мероприятие	Место проведения	Срок проведения
IX Международный Евразийский форум такси (МЕФТ – 2021)	Москва	09.09 – 10.09.2021
Выставка «Комтранс – 2021»	Москва	06.09 – 11.09.2021
Автопробег «Газ в моторы – 2021»	Миасс – Санкт-Петербург	13.09 – 06.10.2021
Петербургский международный газовый форум – 2021	Санкт-Петербург	05.10 – 08.10.2021
Российский автомобильный форум RAF – 2021	Москва	Октябрь, 2021
Выставка GasSuf-2021	Москва	26.10 – 28.10.2021
Конференция Creon Conference «Газомоторное топливо»	Москва	Март, 2022
8-й ежегодный международный СПГ Конгресс Россия	Москва	16.03 – 17.03.2022
Форум «ТЭФ – 2022»	Казань	Апрель, 2022
II Всероссийский газомоторный форум	Сочи	20.04 – 22.04.2022



В рамках рассмотрения заключительных вопросов повестки дня были приняты следующие решения. Исполнительному директору Ассоциации делегировано право принятия решения об участии НГА в международных ассоциациях и союзах по газомоторной тематике. Данное решение позволит интенсифицировать работу по популяризации метана в качестве моторного топлива на межгосударственном уровне. Кроме того, на базе Экспертного совета Ассоциации принято решение создать Национальный образовательный центр в сфере газомоторного топлива для организации работы по повышению квалификации участников рынка и представителей органов власти.

*Мы благодарим всех членов Ассоциации за активную и слаженную работу.*

## Успешное выступление команд «КАМАЗ-мастер» в ралли «Шёлковый путь»

6 июля завершилось Международное ралли «Шёлковый путь». Взяв старт в историческом центре Омска на Соборной площади 1 июля, участники многодневной гонки преодолели более 3500 км.

Главный ралли-рейд России в нынешнем году прошёл вопреки всем обстоятельствам. Напомним, что изначально финиш гонки был запланирован на 11 июля в Улан-Баторе. Но из-за красного уровня эпидемиологической опасности в Монголии, связанного с резкой вспышкой заболеваемости новой коронавирусной инфекцией, а также с выявлением случаев бубонной чумы, организаторам пришлось скорректировать маршрут и провести все этапы на территории России.

– Я рад, что очередное издание ралли «Шёлковый путь» привлекло большое

внимание со стороны участников и зрителей, – отметил руководитель проекта и семикратный победитель «Дакара» Владимир Чагин. – Гонщики смогли проявить свои навыки в непростых условиях сибирского бездорожья и горных районов Алтая. К сожалению, в проведение гонки вмешалась ситуация с пандемией, и мы в условиях форс-мажора отменили монгольскую часть маршрута. В кратчайшие сроки дирекция гонки смогла решить сложную задачу и продолжить соревнования по территории нашей страны. Уверен, что все участники увезут с собой самые тёплые впечатления

КАМАЗ, победивший в зачёте грузовиков, российской команды «КАМАЗ-мастер» под управлением Дмитрия Сотникова





Газовый КАМАЗ

от красоты нашей природы и бескомпромиссной спортивной борьбы на трассах «Шёлкового пути».

Гонщики участвовали в ралли на внедорожниках, грузовиках, мотоциклах, багги. Всего – 41 команда. Российскую автогоночную команду «КАМАЗ-мастер» представляли семь экипажей. В их числе не только опытные российские гонщики, но и те, для кого участие в ралли стало дебютом.

Рёв моторов, клубы пыли над бездорожьем, сложные спецучастки и красивые пейзажи, почти сотня экипажей в четырёх зачётах, виртуозная работа механиков на бивуаках, восторженные зрители вдоль трасс – всё это «Шёлковый путь», ралли-рейд, проводящийся в России с 2009 года и пользующийся заслуженным авторитетом у гонщиков со всего мира.

Нынешнее издание ждали с особенным нетерпением и участники, и болельщики. Ведь в 2020-м из-за вспыхнувшей пандемии коронавируса гонку пришлось отменить. А теперь после двухлетней паузы организаторы подготовили очень интересный маршрут, который, пришлось сокращать из-за пандемии.

– Все, кто приехал на этот «Шёлковый путь», – уже победители и настоящие герои, – сказал на предстартовой пресс-конференции

Владимир Чагин. – В нынешнее время пандемии очень тяжело подготовить технику и себя.

И перед стартом в Омске, и на первой остановке в Новосибирске над бивуаком и машинами витал лёгкий дух эйфории оттого, что самый престижный ралли-рейд в России всё-таки состоялся в нынешнем году, несмотря на все сопутствующие сложности. Маршрут позволил многим гонщикам и членам из команд открыть для себя Сибирь. И даже жара за 30 градусов не мешала спортсменам предвкушать борьбу с соперниками и самими собой.

Вместе со всеми участниками Международного ралли «Шёлковый путь» стартовал и единственный в мире газовый КАМАЗ. С точки зрения пилотов и инженеров, главным козырем КАМАЗа на метане является лучшая динамика разгона и экономия на топливе. В условиях гонок на бездорожье эксплуатация газового грузовика дешевле его дизельного аналога на 15 %.

Также газовый двигатель меньше дымит, особенно на низких оборотах. Это особенно важно, так как за последние годы в ралли-рейдах ужесточились требования по максимально допустимому уровню выхлопа. По всему миру идёт движение в поддержку чистой окружающей среды, так что применение газа становится очень актуальным.



Команда  
газового КАМАЗа  
перед стартом

При этом, помимо уменьшения дымности, отмечается и лучшая динамика мотора. С подключением газа двигатель лучше разгоняется на низких оборотах, у него улучшается приёмистость.

Гонка получилась необычной: старт в Сибири, продолжение борьбы на Алтае, два этапа у границы России и Монголии и возвращение в алтайские леса, чтобы выявить победителей. Дистанция значительно сократилась из-за отмены монгольских этапов, а общая протяжённость пяти скоростных спецучастков составила 650 километров.

«По-моему, это счастье, когда вот так доезжаешь и понимаешь, что все те проблемы, которые могли быть, прошли стороной. Тебе повезло, ты на финише, сделал всё, что мог. Это удовольствие. Проблем с машиной не было ни по жаре, ни по высоте, так что техника была готова на «отлично», и газодизельный КАМАЗ тоже показал себя прекрасно. С эмоциями справиться было сложно, но мы собирались, настраивались. Сегодня постарались выложиться, насколько это возможно. Были опасные моменты, но машина довезла. Так что всем спасибо – команде, организаторам, экипажу», – поделился впечатлениями на финише пилот газового КАМАЗа Сергей Куприянов.

В общем зачёте по результатам гонки команда уникального газомоторного спортивного грузовика КАМАЗ, который является

совместным проектом команды «КАМАЗ-мастер» и ПАО «Газпром», заняла седьмое место.

По традиции топливным партнёром гонки стала сеть АЗС «Газпромнефть». Специально для «Шёлкового пути» было произведено почти 300 тысяч литров бензина G-Drive 100 и высокотехнологичного дизеля «ОПТИ». Бензовозы с ними сопровождали команды на всём пути от Омска до Горно-Алтайска. А бренд моторных масел G-Energy в нынешнем году стал техническим партнёром ралли.

При этом эксперты G-Energy по традиции отправились в путь вместе с гонщиками – весь «Шёлковый путь» на бивуаке работала мобильная лаборатория, проводившая экспресс-тесты масла. На их основе спортсмены могут проводить диагностику двигателей своих машин. Самой же компании результаты испытаний помогают разрабатывать новые марки продукции.

Победу в зачёте грузовиков одержал экипаж российской команды «КАМАЗ-мастер» под управлением Дмитрия Сотникова. В зачёте автомобилей гонку выиграл француз Герлен Шишери. А у мотоциклистов победителем стал австриец Маттиас Волкнер из Red Bull KTM Factory Racing.

По материалам: <https://omsk.bezformata.com/listnews/>  
<https://www.sport-express.ru/autosport/rally/reviews/>  
Пресс-центра ООО «Газпром газомоторное топливо»

## Состоялось заседание Госсовета по развитию рынка ГМТ



28 июня состоялось заседание комиссии Государственного Совета Российской Федерации по направлению «Энергетика». Заседание провёл Игорь Евгеньевич Левитин, помощник Президента Российской Федерации.

Темой заседания стали вопросы развития рынка газомоторного топлива в России, в том числе в части инфраструктуры СПГ.

В финальной редакции протокола заседания были учтены все предложения Национальной газомоторной ассоциации, направленные на развитие отрасли.

Среди решений по итогам заседания можно выделить следующие:

- Минэнерго России и Минфину России рекомендовано рассмотреть возможность расширения перечня субъектов РФ, попадающих под субсидию на развитие газозаправочной инфраструктуры (ГЗИ).
- Органам исполнительной власти субъектов, участников программы развития рынка ГМТ, рекомендовано утвердить схему территориального размещения объектов ГЗИ, и актуализировать её не реже, чем раз в год.
- Органам исполнительной власти субъектов, участников программы развития рынка ГМТ, рекомендовано принять меры по переводу жилищно-коммунальной техники, муниципального и регионального пассажирского транспорта на использование природного газа в качестве моторного топлива.
- Минпромторгу России и Минэнерго России рекомендовано проработать вопрос целесообразности внесения изменения в госпрограмму «Развитие энергетики» в части переноса срока вступления в силу требования об обязательном использовании отечественного компрессорного оборудования на АГНКС в случае получения субсидии с 2022-го на 2023 год.
- Минпромторгу России рекомендовано увеличить до 7,1 млрд рублей объём финансирования производителей техники на природном газе, при этом сократить разницу между предельным размером субсидии на технику на КПП и СПГ.
- Минэкономразвития России рекомендовано внести изменения в Приказ от 31.07.2020 г. № 477, регламентирующий работу единого Реестра протоколов испытательных лабораторий о внесении изменений в конструкцию транспортных средств (ТС) после переоборудования. Изменения должны дать возможность широкому кругу участников рынка вносить данные в единый Реестр.
- Минэнерго России рекомендовано рассмотреть возможность смягчения требований на получение субсидий к объектам ГЗИ, находящимся в сельских районах с низким трафиком движения ТС.

С полным текстом протокола заседания вы можете ознакомиться на сайте Национальной газомоторной ассоциации.

## Выпуск 10-тысячного битопливного автомобиля – свидетельство роста спроса на экологичный транспорт

2 июня АО «АВТОВАЗ» совместно с партнёром ООО «АТС-АВТО» сообщили о выпуске 10-тысячного битопливного автомобиля LADA – им стал седан LADA Vesta CNG.

Рост потребления природного газа в 2020 году в России составил 13 % по сравнению с 2019 годом. Всего на российском рынке было продано свыше 1,1 млрд кубометров КПГ. Объём потребления ГМТ в России за последние пять лет увеличился в 2 раза.

Модели LADA CNG используют в качестве топлива как бензин, так и сжатый природный газ (КПГ). При среднегодовом пробеге в 20 тыс. км затраты на топливо снижаются почти в три раза, а экономия достигает 40 тыс. рублей (в зависимости от стиля вождения).

У LADA Vesta CNG баллон вместимостью 90 л расположен в багажном отделении, при этом сохранён штатный 55-литровый бензобак. Благодаря этому автомобиль способен проехать более 1000 км без дозаправки. Метан также является одним из самых безопасных видов топлива, а предохранитель и скоростной клапан, встроенные в газовый баллон, исключают возможность разрыва баллона и неконтролируемый выход газа.

Стоимость LADA Vesta CNG осталась конкурентной (от 805 900 руб.) благодаря государственной субсидии, введённой по инициативе Минпромторга РФ.



10-тысячный двухтопливный седан

## Волгоградская область ежегодно потребляет около 30 млн кубометров ГМТ

В Волгоградской области семь газозаправочных станций, принадлежащих Газпрому. Четыре находятся в Волгограде, по одной в Камышине, Волжском и с 1 июля открыта станция в городе Михайловка. Там завершили работы по интеграции станции в улично-дорожную сеть.

Общая проектная мощность действующей инфраструктуры в Волгоградской области – более 66 млн м<sup>3</sup> природного газа в год. Реализация газомоторного топлива из года в год находится на стабильно высоком уровне – порядка 30 млн кубометров. Объём реализации за первый квартал 2021 года составил более 9 млн кубометров.

В текущем году в Волгоградской области будут введены ещё две газозаправочные станции: в Волжском и Котельниково. В 2023 году планируется построить пятую станцию в Волгограде и дооборудовать другую станцию в Волгограде на улице Саши Чекалина блоком СПГ. Таким образом, к 2023 году в регионе будет создана достаточная газозаправочная инфраструктура.

Губернатор региона Андрей Бочаров подчеркнул, что выделены дополнительные средства для расширения автомобильного парка, работающего на КПГ.

«Несмотря на реализацию на территории Волгоградской области программы по созданию АГНКС, мы видим в перспективе дефицит мощностей, особенно в части сжиженного природного газа. С развитием транспортной системы Юга России и стран Прикаспийского бассейна прогнозируется серьёзное увеличение грузового транспортного потока», – отметил Андрей Бочаров.



---

В связи с этим на территории Волгоградской области проводится серьезная работа по созданию современной транспортной инфраструктуры.

Руководитель «Газпром газомоторное топливо» поблагодарил администрацию Волгоградской области за содействие в развитии рынка газомоторного топлива и обратился к губернатору с просьбой о введении льгот по транспортному налогу для владельцев автомобилей на ГМТ.

## **В Астраханской области вблизи трассы Р-215 строится газозаправочная станция**

Скоро в Астраханской области появится новая газозаправочная станция, которую строит «Газпром газомоторное топливо». Она располагается на территории муниципального образования «Солянский сельсовет» вблизи федеральной автодороги Р-215. Станция будет оборудована двумя заправочными постами. Пропускная способность – 200 автомобилей в сутки. Производительность станции составит 6,6 млн м<sup>3</sup>/год.

В 2021 году «ГГМТ» уже ввело в эксплуатацию станцию в селе Сеитовка Красноярского района Астраханской области. Инвестиционной программой на 2021 год также предусмотрены капитальные вложения на завершение строительства станции в Ахтубинске.



Строящаяся станция

Использование природного газа в качестве моторного топлива позволяет снизить затраты на топливо до трёх раз. Выбросы углекислого газа у автомобиля на метане в 2-3 раза меньше, чем у бензинового, а выбросы азота ниже на 90 % по сравнению с дизельными автомобилями. Метан – один из наиболее безопасных видов моторного топлива. По классификации горючих веществ МЧС России метан входит в самый безопасный 4-й класс.

## В Свердловской области спрос на метан вырос в два раза

24 июня генеральный директор «Газпром газомоторное топливо» Тимур Соин посетил Свердловскую область. На встрече с заместителем губернатора Олегом Чемезовым были обсуждены новые возможности для развития газомоторной отрасли в регионе.

Компания предлагает заключить новое соглашение о сотрудничестве и разработать «дорожную карту» по его реализации, активизировать работу по присвоению статуса «масштабный инвестиционный проект» для АГНКС. В планах также расширение газозаправочной инфраструктуры. На 2022-2023 гг. запланировано строительство ещё восьми экологических станций, три из которых будут находиться в Екатеринбурге.

Тимур Соин поблагодарил правительство Свердловской области за активную работу. Он отметил, что спросу на экологичное топливо способствуют меры региональной поддержки. В Свердловской области установлены: приоритет при проведении конкурсов на перевозки, льготы по налогу на имущество организаций для газозаправочных станций, транспортный налог в размере 50 % суммы для организаций и граждан, имеющих транспорт с газовым типом двигателя.

В рамках визита в регион руководитель «Газпром газомоторное топливо» посетил НПК «НТЛ» и компанию SERVISARM. Компания НПК «НТЛ» конструирует и изготавливает криогенное оборудование для сжижения природного газа. В этом году на конкурсных условиях компания стала поставщиком оборудования для нового проекта в Набережных Челнах. Там АГНКС-2 будет дооснащена модулем СПГ.

Компания SERVISARM поставляет для объектов «Газпром газомоторное топливо» технологическое оборудование в рамках инвестиционной программы 2021 года.

На встрече с директором по трансформации ОАО «УГМК» Джахангиром Махмудовым обсудили перспективы сотрудничества и возможные планы по КриоАЗС и АГНКС в городах присутствия компании УГМК.

В случае реализации подобного проекта компаниям удастся обеспечить карьерные самосвалы горнодобывающих предприятий ОАО «УГМК» сжиженным природным газом. Инициатива сыграет значимую роль в развитии экологии в регионе.

«Кузбасс – крупнейший потребитель природного газа в Сибирском федеральном округе, объём потребления составляет более 3 млрд

---

кубометров в год. Это перспективный для нас регион. Мы рассматриваем возможность обеспечить самым экологичным и экономичным видом топлива карьерные самосвалы», – сказал Тимур Соин.

#### Справка

*На территории области действует 17 газозаправочных станций Группы Газпром, 12 из которых находятся в собственной эксплуатации «Газпром газомоторное топливо». Общая проектная мощность газозаправочной сети Группы Газпром составляет около 130 млн м<sup>3</sup>/год. Общий объём реализации КПГ стабильно растёт. В регионе по маркетинговым программам «Газпром газомоторное топливо» переоборудовано более 700 транспортных средств. Производство и реализация природного газа (метан) в качестве моторного топлива – стратегическое направление деятельности ПАО «Газпром».*

Пресс-центр

ООО «Газпром газомоторное топливо»

## В России будет создана группа по водородной энергетике

Премьер-министр России Михаил Мишустин подписал распоряжение о создании межведомственной рабочей группы по развитию водородной энергетике. Соответствующий документ был опубликован на официальном портале правовой информации.

Как следует из распоряжения, межведомственную рабочую группу возглавит вице-премьер России Александр Новак. Его заместителями утверждены министр промышленности и торговли Денис Мантуров, министр энергетики Николай Шульгинов и замминистра энергетики Павел Сорокин. Ректор Санкт-Петербургского Горного университета Владимир Литвиненко назначен руководителем по научной деятельности и заместителем руководителя рабочей группы, а генеральный директор Российского энергетического агентства Алексей Кулапин занял пост секретаря рабочей группы.

В состав группы также вошли гендиректор «Газпром нефти» Александр Дюков, председатель совета директоров АФК «Система» Владимир Евтушенков, президент «Курчатовского института» Михаил Ковальчук, гендиректор КАМАЗа Сергей Когогин, председатель правления УК «Роснано» Сергей Куликов, председатель правления «Сибур Холдинга» Дмитрий Конов, гендиректор «Росатома» Алексей Лихачёв, председатель правления ПАО «Газпром» Алексей Миллер, председатель правления НОВАТЭКа Леонид Михельсон и замруководителя секретариата Новака Георгий Нозадзе. Кроме того, среди членов рабочей группы значатся помощник президента РФ Максим Орешкин, министр экономического развития Максим Решетников, министр транспорта Виталий Савельев, заместитель руководителя аппарата правительства Алексей Уваров, министр науки и высшего образования Валерий Фальков, гендиректор «Ростеха» Сергей Чемезов, специальный

представитель президента РФ по вопросам устойчивого развития Анатолий Чубайс, вице-президент «Роснефти» Андрей Шишкин, председатель госкорпорации «ВЭБ.РФ» Игорь Шувалов.

Всего в рабочую группу включено 26 представителей власти, научного сообщества и производственного сектора.

Ранее на Петербургском международном экономическом форуме в июне А.Новак говорил, что правительство ставит перед собой несколько задач в области развития водородной энергетики. Одной из них вице-премьер назвал создание производства водорода, ориентированного на экспорт. По его словам, Россия могла бы занять около 20 % мирового рынка. Кроме того, кабинет министров считает важным разработать и вывести на отечественный рынок передовые водородные технологии.

В правительстве РФ обсуждается выделение из Фонда национального благосостояния средств на развитие водородного и электрического транспорта. Планируется, что общий бюджет программы до 2030 года составит 776,8 млрд рублей. Из них федеральный бюджет выделит 154 млрд. Из Фонда национального благосостояния поступят еще 26,1 млрд рублей. Остальная сумма будет привлекаться из внебюджетных источников.

Министерство энергетики также рассматривает возможности перевода на водородное топливо тяжелых видов транспорта, включая автобусы, грузовики, железнодорожный и специальный транспорт. Был разработан проект концепции развития водородной энергетики, который предусматривает создание экспортно-ориентированных производств, а также расширение сфер применения водорода на внутреннем рынке. Транспорт является одним из важнейших направлений использования водорода.

Напомним, что развитие водородной энергетики является одним из приоритетов Энергетической стратегии РФ до 2035 года. В 2020 году правительство утвердило план мероприятий по развитию водородной энергетики до 2024 года, направленный на увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также на вхождение России в число мировых лидеров по производству и экспорту водорода. Планируется интенсивно наращивать его экспорт и к 2030 году занять 20-25 % мирового рынка. В 2024 году Россия рассчитывает экспортировать 0,2-1 млн т/год водорода, к 2035-му – 2-7 млн т/год, а к 2050-му – 7,9-33,4 млн т/год.

По материалам: [news.allpetro.ru](https://news.allpetro.ru);

<https://neftegaz.ru/news/gosreg/689579>

## Концерн Scania представил в Оренбуржье новые модели техники на ГМТ

17 июня на территории официального дилера Scania в Оренбургской области прошла презентация грузовых автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива. Клиентам и гостям «Оренбург – СканСервис» были представлены карьерный самосвал G410 и трёхосный тягач G410 6×4.

«На протяжении 16 лет мы работаем на территории Оренбургской области. Сегодня мы презентуем новые автомобили на газомоторном топливе, которые сейчас проходят испытания. Я хочу, чтобы вы посмотрели, какая машина выгоднее и лучше, тем более сейчас правительство поддерживает идею применения газомоторного топлива», – сказал перед началом презентации генеральный директор ООО «Оренбург – СканСервис», депутат Законодательного Собрания Оренбургской области Александр Кузнецов.

В рамках мероприятия состоялось совещание с представителями компаний «Скания – Русь» и «Газпром газомоторное топливо», также гостей ждала развлекательная программа и тест-драйв на новых автомобилях. На презентации присутствовали гости со всей Оренбургской области и соседних регионов.

«Преимущество нашей техники заключается в экономической эффективности эксплуатации. Газовое топливо в два раза экономичнее, чем аналогичное дизельное. Сегодня мы презентуем первый в России специализированный газовый карьерный самосвал для перевозки инертных материалов и трёхосный тягач 6×4. Он уникален своей спецификацией. Помимо газомоторного двигателя, он имеет подъёмную ведущую ось, что позволяет беречь шины и экономить топливо на обратной ходке», – прокомментировал преимущества представленных образцов руководитель направления продаж техники на газомоторном топливе Иван Папазов.

Преимуществом газовых двигателей Scania является экономичность, что позволяет перевозчикам сократить топливные затраты на 40-45 % в сравнении с дизельным топливом. Природный газ – это самостоятельное топливо, стоимость которого не зависит от стоимости нефти, как в случае с бензином, пропан-бутаном и дизелем, цена за 1 кубометр составляет 19 рублей.

Ещё одним преимуществом техники Scania является экологичность. Газовые двигатели соответствуют самым жёстким экологическим



нормам Евро-6, тем самым уменьшая уровень выбросов углекислого газа.

Специалист коммерческого отдела Уральского филиала ООО «Газпром газомоторное топливо» Антон Баранов в своей презентации отметил, что в ближайшие годы планируется строительство четырёх АГНКС на территории Оренбургской области. Заправки, снабжающие автомобили природным газом, появятся в Бузулуке и Холодных ключах, в Оренбурге запланировано строительство двух объектов.

Scania – один из лидеров на рынке двигателей, работающих на альтернативном топливе. По итогам 2020 года было реализовано 402 автомобиля на метане, в этом году компания намерена перейти порог в 500 единиц.

[https://www.ural56.ru/news/665400/?sphrase\\_id=477292](https://www.ural56.ru/news/665400/?sphrase_id=477292)

## 150-я СПГ-бункеровка танкеров зелёной серии СКФ

Группа компаний «Совкомфлот» (СКФ) и концерн Shell успешно организовали юбилейную 150-ю операцию по морской бункеровке крупнотоннажных танкеров зелёной серии СКФ газомоторным топливом.

Танкер «Перспект Королёва», выполняющий рейс из Дании в один из американских портов Мексиканского залива, принял на борт 600 тонн СПГ-топлива с бункеровщика Q-LNG 4000. Операция была выполнена на рейде порта Канаверал, расположенного в штате Флорида (США). «Перспект Королёва» находится в тайм-чартере у компании Chevron, которая изучает возможность дальнейшего использования двухтопливных танкеров в рамках своей грузовой программы.

Операции по СПГ-бункеровке «зелёных» танкеров ПАО «Совкомфлот» начались в 2018 году. За это время суда суммарно получили более 62 тыс. тонн СПГ-топлива. Все 150 бункеровочных операций прошли безопасно и без происшествий.

СПГ является экологически наиболее чистым из доступных сегодня на рынке видов судового топлива. ПАО «Совкомфлот» подсчитало, что использование СПГ танкерами зелёной серии позволило с 2018 года суммарно сократить выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу с этих шести судов более чем на 56 тыс. тонн.

Главный операционный директор ПАО «Совкомфлот» Сергей Поправко выразил радость по поводу того, что успешное партнёрство с Shell способствовало развитию мировой инфраструктуры СПГ-бункеровок, в том числе в стратегически значимых для морской торговли регионах, начиная с Северо-Восточной Европы и Балтики в 2018-2019 гг. и заканчивая недавними бункеровками в США и на Средиземном море.

Мировая инфраструктура СПГ-бункеровок продолжает развиваться, а экономические и экологические преимущества использования двухтопливных танкеров становятся всё более очевидными. Важнейшим достижением можно назвать тот факт, что все 150 бункеровок были проведены без происшествий и на высочайшем уровне безопасности.



Танкер «Прспект Королёва»

Сергей Поправко поблагодарил всех специалистов, работавших в море и на берегу во время этих операций.

Генеральный директор Shell Global Downstream LNG Тахир Фаруки добавил, что судоходной отрасли следует без промедления внедрять чистые виды топлива. СПГ представляет собой оптимальный выбор. Он даёт возможность отказаться от ввода в эксплуатацию судов с высоким уровнем выбросов на период, пока идёт активная работа по разработке углеродно-нейтральных видов топлива. Компания Shell гордится тем, что с момента бункеровки танкера «Прспект Гагарина» в порту Роттердама в 2018 году удалось безопасно выполнить такое большое количество подобных операций. В настоящее время принадлежащий компании флот бункеровочных судов СПГ охватывает 13 портов в девяти странах. Shell планирует и дальше расширять эту сеть.

Группа компаний «Совкомфлот» – одна из ведущих в мире компаний по морской транспортировке газа и нефти, а также обслуживанию морской добычи углеводородов. По состоянию на сегодняшний день, собственный и зафрахтованный флот, включая суда совместных предприятий, насчитывает 145 судов общим дедвейтом свыше 12,6 млн тонн. Более 80 судов обладают ледовым классом.

«Совкомфлот» участвует в обслуживании крупных нефтегазовых проектов в России и мире: «Сахалин-1» и «Сахалин-2» (Охотское море), «Варандей» и «Приразломное» (Баренцево море), «Новый Порт» и «Ямал СПГ» (Обская губа, Карское море), Tangguh (Индонезия). Головной офис компании находится в Санкт-Петербурге, представительства расположены в Москве, Новороссийске, Мурманске, Владивостоке, Южно-Сахалинске, Лондоне, Лимасоле и Дубае.

Долгосрочная стратегия «Совкомфлота» предусматривает последовательное снижение углеродного следа от эксплуатации флота. Компания начала работу по внедрению СПГ в качестве основного топлива для крупнотоннажных танкеров в 2015 году, и в 2018 году первой в мире приступила к эксплуатации танкеров типоразмера «Афрамекс» на СПГ-топливе. Сегодня в состав флота СКФ входят шесть таких судов (серия «Прспект Гагарина»), ещё пять танкеров на СПГ-топливе различных типоразмеров находятся в стадии строительства.

Источник: Группа компаний «Совкомфлот»

# Первый российский водородный автомобиль

На площадке особой экономической зоны «Алабуга» в Татарстане в конце мая запущено серийное производство автомобилей Augus. В день запуска конвейера был представлен опытный образец седана Augus Senat, который работает на водородных топливных элементах. Разработкой занимался Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт (НАМИ).

По словам министра промышленности и торговли РФ Дениса Мантурова, этот Augus является единственным в мире уже готовым образцом автомобиля с водородным носителем в своём классе. В других классах такие разработки существуют уже достаточно давно. Например, в Японии, Китае и Корее.

Руководитель Минпромторга лично проехал некоторое расстояние за рулём нового авто, выпущенного брендом Augus и использующего водородное топливо. Он отметил, что транспортное средство перемещается совсем бесшумно. Кроме того, он подчеркнул, что автомобиль характеризуется высокими эксплуатационными качествами.

Экспериментальная разработка оснащена топливными элементами, в которых водород путём электрохимической реакции преобразуется в электричество, питающее тяговые электродвигатели. Выхлоп – водяной пар, выбросы диоксида углерода равны нулю. Таким образом, в результате работы двигателя отсутствует вредное влияние на окружающую среду.

Полноприводный автомобиль представительского класса комплектуется гибридным двигателем объёмом 4,4 литра и мощностью 598 л.с. Масса – как у грузовика (3,2 т). Коробка, разумеется, автомат. Он способен разогнаться до 100 км/ч за 6 секунд и развивать скорость до 250 км/час. Augus Senat соответствует экологическому классу Euro 6. Автомобиль длиной 5,6 метра, шириной около двух метров. Внутри – стандартные пять мест. Это будет автомобиль люкс-класса. Сейчас такая российская разработка – единственная в мире.

Тем временем проект Augus стремительно развивается. Большинство автомобилей этой марки планируется продавать на внешних рынках, в первую очередь в странах Ближнего Востока. В долгосрочной перспективе планируется выход на рынки Китая и Западной Европы. Модель совершенного нового автомобиля создана впервые в истории России «с нуля» специалистами НАМИ при содействии группы Sollers и фонда Tawazun из ОАЭ. Инженеры спроектировали современную платформу для линейки автомобилей, компоненты и дизайн. Работали совместно с ведущими автопроизводителями и инжиниринговыми центрами Европы и Азии. Около 70 % поставщиков комплектующих – российские организации.

По словам министра промышленности и торговли Дениса Мантурова, степень локализации выпуска комплектующих для российского люксового седана сейчас составляет 53 %. К 2023 году её планируется довести до 80 %. То есть в итоге он «будет самым российским



Водородный седан Aurus

автомобилем», – сказал Мантуров.

Пилотную партию автомобилей премиум-класса Aurus выпустили на заводе в Елабуге в марте 2021 года. Но эти машины не поступили в продажу, а направились для испытаний в НАМИ.

До запуска Aurus в серию также были выпущены спецверсии. Они используются в гараже особого назначения ФСО для поездок премьер-министра и президента России. Серийное производство планируется довести до 5 тыс. автомобилей в год. Такие мощности предусмотрены на производственном комплексе в «Алабуге». До конца этого года на заводе могут выпустить до 350 машин различных комплектаций.

В марте в НАМИ представили новый прототип тяжелого мотоцикла марки Aurus. Он разработан специально для сопровождения эскортов. Мотоцикл также создали полностью на новой платформе. На двухколёсной машине установили электрический двигатель. Пиковая мощность мотора составляет 139 кВт (190 л.с.). Разгоняется мотоцикл до 100 км/час за 3,7 секунды. По признанию экспертов, мотоцикл отличается эффектным дизайном, который отдельными элементами перекликается с автомобилями Aurus. Серийное производство мотоцикла планируется запустить на концерне «Калашников», входящем в состав госкорпорации «Ростех». Первым заказчиком также станет гараж особого назначения ФСО.

«Мы уже известны как автомобильная республика... Я уверен, Aurus будет такой же бренд, как и КАМАЗ, и мы будем прославлять нашу Российскую Федерацию, – заявил глава Татарстана Рустам Минниханов. – Будем трудиться, чтобы Aurus был самым успешным проектом», – заключил он.

По материалам: <https://rg.ru/2021/06/01/reg-pfo>  
[https://zen.yandex.ru/media/politics\\_sng/61001d936de5cb27f7244838](https://zen.yandex.ru/media/politics_sng/61001d936de5cb27f7244838)

# ➔ Обзор российских и зарубежных СМИ

## АВТОПАРК

В рамках проекта «Мобильный природный газ Сибири» на компримированный природный газ будет переведено «Прокопьевское ГПАТП Кузбасса». Партнёр компании «Газпром газомоторное топливо» «МПП Сибири» с февраля 2021 года организовал работу двух передвижных мобильных пунктов для заправки автотранспорта промышленных предприятий в Прокопьевске.



«Для улучшения экологической обстановки в Кузбассе мы делаем ставку на газомоторный транспорт. Из 1167 автобусов, которые поступили в регион с 2019 года, больше половины работают на газе», – подчеркнул губернатор Сергей Цивилёв.

Ожидаемый объём потребления газа автопарком этого перевозчика до конца 2021 года составит 1,64 млн кубометров, к 2022 году объём возрастёт до 2,16 млн.

Преимущества проекта в том, что уже сегодня есть возможность обеспечивать природным газом «якорных» потребителей, эксплуатирующих транспорт в географическом удалении от сетей АГНКС, а с другой стороны – сформировать рынок потребления КПГ для последующего развития сети газозаправок.

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



1 июля 40 экологичных НЕФАЗов вышли на маршруты в Новосибирске. Теперь в пассажиры здесь будут ездить на новых автобусах, которые работают на компримированном природном газе.

Мэр Новосибирска Анатолий Локоть отметил основные плюсы эксплуатации новых автобусов на метане – их экономичный и экологичный двигатель, а также безопасность и низкую пожароопасность метана.



Новые НЕФАЗы рассчитаны на 110 мест. У автобусов установлены системы навигации, видеонаблюдения, контроля за поведением водителя, салон также приспособлен для маломобильных пассажиров. Транспорт приспособлен к зиме: на окнах стоят двойные стеклопакеты, а на полу – теплоизоляция.

Источник: Новая Сибирь



СПб ГУП Пассажиравтотранс намерен приобрести 20 автобусов большого класса на метане. По условиям контракта техника должна прибыть в Петербург до 15 октября 2021 года. Стоимость закупки составит 373 млн руб.

В список требований к подвижному составу включены: приспособленность для нужд маломобильных пассажиров; современные системы оплаты проезда и информирования;



наличие зарядок для мобильных устройств. Салон будет вмещать не менее 86 человек.

Новая партия будет оборудована системой интеллектуальной помощи водителю, которая повысит безопасность перевозок.

Pro\_AGNKS



Российский автопроизводитель АвтоВАЗ к 2028 году планирует перейти на новую платформу для производства автомобилей, которая позволит создавать модели на всех альтернативных видах топлива. Об этом сообщают СМИ со ссылкой на президента компании Николая Мора.

«Мы переходим на новую платформу, которая к 2027-2028 гг. позволит выпускать автомобили на бензине, метане, гибриды и полностью электрические», – отметил топ-менеджер.

Ранее Николай Мор заявил, что АвтоВАЗ с 2023 года запустит производство новых автомобилей Lada по цене выше 1 млн рублей. По его словам, Lada будет не только достаточно доступным брендом для потребителей, но и брендом, который предоставляет хорошие характеристики, свойства и ценности продукта за соответствующие деньги.

На первом этапе планируется вывести стоимость Lada в 1 млн руб., а на втором – 1,2 млн руб.

<https://iz.ru/1189119/2021-07-06/>

## ОБОРУДОВАНИЕ

Московский газоперерабатывающий завод (МГПЗ) стал обладателем эксклюзивного

права на поставку и реализацию на российском рынке газобаллонного оборудования ТИП-2 китайской государственной компании SINOMA. МГПЗ в ближайшее время получит сертификат на серию оборудования и сможет поставлять российским производителям автомобилей качественное ГБО для установки в багажном отделении легковых авто.

Основанная в 1983 году государственная компания SINOMA славится высоким качеством материалов и современными технологиями производства. Контроль качества и ответственность перед потребителями – приоритеты в работе SINOMA. Компания является одним из крупнейших поставщиков газовых баллонов для автопроизводителей всего мира. В России баллоны ТИП-2, используемые в легковых автомобилях, не производят.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/a.292280017628097/1581955408660545>



Член Национальной газомоторной ассоциации компания «Ленпромавтоматика» произвела и установила на АГНКС в Кургане юбилейную газозаправочную колонку под номером 500.

НПК «Ленпромавтоматика» занимается производством газозаправочных колонок ЛПА-ГЗК для заправки автотранспорта компримированным природным газом с 2016 года. Колонки ЛПА-ГЗК являются собственной разработкой компании. На сегодняшний день НПК «Ленпромавтоматика» произвела и поставила более 600 ЛПА-ГЗК.

<https://www.facebook.com/gazprom.gmt/photos/a.292280017628097/1579885848867501>

## ИНФРАСТРУКТУРА

22 июня в городе Березники Пермского края приступили к строительству газозаправочной станции на проспекте Ленина. Производительность будущего объекта составит 6,6 млн кубометров в год, пропускная способность – 200 автомобилей в сутки. Станция будет оборудована тремя заправочными постами.

На территории Пермского края работают пять газозаправочных станций, принадлежащих «Газпром газомоторное топливо»: четыре расположены в Перми, одна – в Соликамске. Станции пользуются популярностью у потребителей. Средняя загрузка за 2020 год составила более 60 %, объём реализации топлива на станциях стабильно растёт. В 2019 году он составлял 21,4 млн м<sup>3</sup>, в 2020-м – 28,2 млн м<sup>3</sup>. Наиболее существенный рост отмечается на станциях АГНКС-1 и АГНКС-4 в Перми – с 7,8 млн м<sup>3</sup> в 2019 году до 10,8 млн м<sup>3</sup> в 2020 году выросло потребление метана на АГНКС-1, в два раза вырос объём реализации топлива на АГНКС-4: с 2,2 млн м<sup>3</sup> в 2019 году до 4,1 млн м<sup>3</sup> в 2020-м.

В соответствии с планами по развитию розничной сети «Газпром газомоторное топливо» на территории региона планируется создать до конца 2023 года ещё три станции.

Пермский край включён в перечень субсидируемых субъектов Российской Федерации, где формирование заправочной инфраструктуры КППГ осуществляется в первоочередном порядке.

<https://gmt.gazprom.ru/press/news/2021/06/68/>



Началось строительство первой газозаправочной станции на трассе М-1 «Беларусь». Первая экологичная заправочная станция «Газпром» на магистрали М-1 будет построена на территории Смоленской области в сельском поселении Дивасовское. Станцию оборудуют шестью заправочными постами и двумя компрессорными установками общей

производительностью 1800 м<sup>3</sup>/час. Производительность станции составит 6,7 млн м<sup>3</sup>/год, пропускная способность – 300 автомобилей в сутки.

АГНКС в Дивасовском будет вторым объектом в Смоленской области, где можно заправиться компримированным природным газом. Сейчас в Смоленске круглосуточно работает АГНКС на ул. Соболева.

Использование природного газа в качестве моторного топлива позволяет снизить затраты на топливо до трёх раз. Выбросы углекислого газа у автомобиля на метане в 2-3 раза меньше, чем у бензинового, а выбросы азота ниже на 90 % по сравнению с дизельными автомобилями. Метан – один из наиболее безопасных видов моторного топлива. По классификации горючих веществ МЧС России по степени чувствительности метан входит в самый безопасный 4-й класс.

<https://gmt.gazprom.ru/press/news/2021/07/75/>



Компания «Газпром газомоторное топливо» завершила строительство газозаправочной станции в селе Сеитовка Красноярского района Астраханской области. Станция оборудована двумя заправочными колонками, которые одновременно могут заправить четыре транспортных средства. Проектная производительность составляет 180 заправок в сутки. Проектная мощность – 7 млн м<sup>3</sup> в год.

В Астраханской области до конца года планируется ввести в эксплуатацию газозаправочные станции в Ахтубинске и Астрахани. Ключевые потребители природного газа – пассажирский, грузовой и легковой транспорт.

<https://gmt.gazprom.ru/press/news/2021/06/56/>

## БИОТОПЛИВО

В Московской области закончились пусконаладочные работы на участке анаэробного биокомпостирования комплекса по переработке отходов (КПО) Тимохово. Таким образом, на КПО Тимохово началось производство электроэнергии из перерабатываемых органических отходов. Из отсортированных

---

органических отходов вырабатывается биогаз, который будет использоваться для выработки электроэнергии объемом до 12 тыс. кВт. Полученная электроэнергия поступает на локальную подстанцию и далее подается в электросети потребителям. Мощность установки составит до 150 тыс. т/год отходов.

Также на КПО Тимохово была запущена пусконаладка оборудования в новом сортировочном корпусе, проектная мощность которого составит 250 тыс. т/год. Оборудование, установленное в новом корпусе, полностью отечественное, произведенное в Ржеве и Твери.

С запуском новых линий предприятие вышло на полную мощность – 650 тыс. т/год отходов. КПО Тимохово был открыт в конце 2020 года. На предприятии действует комплексная сортировка – это оптимальное соотношение автоматических технологических процессов и ручного контроля.

Барабанные, магнитные, баллистические сепараторы, оптическое сканирование успешно применяется на всех КПО Московской области и позволяет отбирать рекордный в России перечень компонентов вторсырья – до 25 фракций. Всего на сегодняшний день на территории Московской области работают 10 современных КПО. Работа всех этих предприятий как комплексной системы по обращению отходов в области должна привести регион к нулевому захоронению от общего объема образуемых отходов, что является одной из основных целей нацпроекта «Экология». Выработку электроэнергии из биогаза власти региона рассматривают как важный экологический проект и развитие отрасли по обращению с бытовыми отходами в целом.

<https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/687825>



В конце мая на Калужском заводе по производству альтернативного топлива торжественно ввели в строй ещё одну новую автоматическую производственную линию. Об этом сообщает пресс-служба калужского правительства.

Завод находится в городской черте Калуги и с 2015 года занимается переработкой коммунальных отходов в RDF-топливо (Refuse Derived Fuel – твёрдое восстановленное топливо, имеет вид гранул или брикетов, при сжигании которых выделяется энергия), которое затем используется на цементном заводе ОАО «Лафарж Цемент».

Новая линия построена на основе оборудования зарубежного производства. Это два промышленных шредера, которые измельчают поступающие отходы, а также сепаратор, необходимый для отделения и удаления примесей, способных снизить качество получаемого на выходе альтернативного топлива.

<https://www.mkkaluga.ru/economics/2021/05/26/>

## ВОДОРОД

ОАО «РЖД», АО «РОСНАНО» и АО «Группа «Синара» на Петербургском международном экономическом форуме подписали соглашение о сотрудничестве в сфере разработки магистральных локомотивов с использованием силовой установки на базе электрохимических водородных топливных элементов совместно с литий-ионными аккумуляторными батареями.

Как сообщает пресс-служба РЖД, соглашение предусматривает проведение комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, анализ необходимой инфраструктуры, разработку технических требований к локомотиву, а также выполнение ряда мероприятий, необходимых для разработки, производства и испытаний транспортного средства. Стороны также заинтересованы в развитии взаимовыгодного сотрудничества по созданию маневровых локомотивов с использованием гибридной силовой установки на базе водородных топливных элементов и накопителей энергии отечественного производства.

По оценке Международного энергетического агентства, российские железные дороги занимают первое место в мире по энергоэффективности грузовых перевозок. Основная часть всей работы выполняется на экологически чистых источниках энергии. Доля ОАО «РЖД» в общем объеме парниковых выбросов в России – менее 1 %. С 2025 года компания планирует закупать только

электровозы, а также локомотивы, работающие на альтернативных источниках энергии, таких как природный газ и водород. Это позволит ещё больше снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

<https://www.metallinfo.ru/ru/news/126637>



Министр энергетики России Николай Шульгинов сообщил, что в будущем доля страны на мировом рынке водорода составит 20 %. По его словам, эта амбициозная задача не подлежит обсуждению.

Технологии производства водорода не новы, его может выпускать почти каждый нефтеперерабатывающий завод. Другое дело, что нужно решать вопросы широкомасштабного производства водорода, его хранения и транспортировки. Отрасль можно развивать на основе природного газа или атомной энергии. Николай Шульгинов подчеркнул, что в этом плане у России есть много возможностей, нужно только внедрять новые технологии и не стоять на месте.

Говоря о ценах, министр признал, что пока сложно сказать, как и по какой цене будет продаваться водород, поскольку отрасль только формируется. Но Россия планирует присутствовать на рынках всех видов этого газа.

Источник: [angi.ru](http://angi.ru)

## ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Британский автопроизводитель Jaguar Land Rover Automotive PLC (входит в Tata Motors) сообщил о предстоящем начале тестирования прототипа автомобиля с водородным топливным элементом на базе Land Rover Defender. Это часть программы производителя по сокращению выбросов выхлопных газов до нуля к 2036 году. Проект будет частично финансироваться правительством Соединённого Королевства. Испытания начнутся уже в этом году.

В феврале автопроизводитель объявил о масштабных планах по электрификации своей линейки автомобилей. В частности, производитель обещал, что уже к 2025 году все автомобили, выпускаемые под маркой Jaguar, будут электрическими, а продажа автомобилей

Jaguar с двигателями внутреннего сгорания будет прекращена. Кроме того, компания сообщила о намерении представить шесть полностью электрических моделей Land Rover в ближайшие пять лет.

Водородные топливные элементы давно рассматриваются в качестве альтернативы аккумуляторным батареям, поскольку эта технология позволяет решить две основные проблемы, с которыми сталкиваются аккумуляторные электромобили: скорость зарядки и дальность пробега автомобиля. Тем не менее некоторые производители в конце концов отказались от дальнейшего развития этой технологии из-за её относительной дороговизны и неразвитости инфраструктуры для зарядки. Тем не менее, по словам представителей JLR, быстрота заправки и дальность пробега делают технологию «идеальной» для больших автомобилей, таких как те, что выпускает компания.

<https://www.kommersant.ru/doc/4857155>

## ГЕРМАНИЯ

Немецкая корпорация Bosch планирует инвестировать 1 млрд евро в запуск производства и использование водородных топливных элементов. Только в этом году корпорация планирует ввести в эксплуатацию 100 стационарных станций на топливных элементах, которые будут снабжать электроэнергией центры обработки данных, промышленные предприятия и жилые районы.

Порядка 600 млн евро корпорация планирует инвестировать в период 2021-2024 гг. в производство топливных элементов и 400 млн евро будут направлены на строительство микростанций на топливных элементах.



---

«Эти цифры ясно показывают, что реакция Bosch на меры по борьбе с изменением климата является не только технологически нейтральной, но и коммерчески агрессивной», – отметил председатель правления корпорации Фолькмар Деннер (Volkmar Denner).

Ряд компаний, включая Microsoft, рассматривают возможность замены дизельных ДВС на топливные элементы в качестве источника резервного питания для ЦОД. Топливные элементы для таких задач разрабатываются Rolls-Royce и Daimler Truck. Кроме того, Keppel совместно с Mitsubishi изучают возможность использования водорода как для получения энергии, так и для охлаждения дата-центров, а в этом году Atos и HDF Energy сообщили о планах построить к 2023 году полностью «зелёный» ЦОД на водородном топливе.

<https://servernews.ru/1038785>

## СТАТИСТИКА

Динамика объёма реализации газомоторного топлива в Ленинградской области на объектах «Газпром газомоторное топливо» за первые полгода составила 36 % к аналогичному периоду 2020 года. За период с 2016 по 2020 год потребление топлива выросло с 1,6 млн до 6,03 млн кубометров.

«Правительство Ленинградской области, занимая активную позицию по применению газомоторного топлива, влияет на экологическую обстановку региона. Доказано, что применение метана приводит к значительному улучшению качества воздуха, а также сокращает экономические издержки от вредных выбросов», – подчеркнул гендиректор «Газпром газомоторное топливо Тимур Соин.

В 2021 году на территории Ленинградской области планируется строительство новых газозаправочных станций в Тосно, Сосновом Бору, Подпорожье и Волхове. В регионе также идёт работа по переоборудованию транспорта на использование ГМТ. В 2020 году Ленинградская область стала лидером по освоению федеральной субсидии в размере более 100 млн руб. С привлечением этих средств были переоборудованы 345 ед. грузового транспорта, выпол-

няющего внутренние и межрегиональные перевозки.

В результате совместной работы «Газпром газомоторное топливо» с правительством области был принят закон, предусматривающий снижение ставки транспортного налога для автотранспорта на КПП до 50 % от базовой ставки на период до 2023 года. Для частных перевозчиков Ленинградской области предусмотрены субсидии в размере 95 % на первый платёж по договорам лизинга на закупку газомоторных автобусов. В правительстве региона рассматривается возможность полного освобождения от уплаты транспортного налога для транспорта на газомоторном топливе.

<https://gmt.gazprom.ru/press/news/2021/06/67/>

## СОТРУДНИЧЕСТВО

На Петербургском экономическом форуме подписан меморандум о сотрудничестве между «Газпром газомоторное топливо» и Агентством Инвестиционного Развития (АИР) Новосибирской области. Компании будут проводить совместную работу по развитию рынка газомоторного топлива в Новосибирской области.

В рамках сотрудничества компании и Агентства на территории крупнейшего индустриального парка Сибири – Промышленно-логистического парка Новосибирской области – к 2022 году будет построена газозаправочная станция. Грузооборот резидентов и пользователей инфраструктуры Промышленно-логистического парка сегодня составляет 300 еврофур и грузовых автомобилей в сутки. Интенсивность движения по федеральной трассе Р-254 «Иртыш» достигает 6 тыс. автомобилей в сутки.

Сегодня в Новосибирской области действует ряд стимулов для перехода на ГМТ, в том числе налоговая льгота в размере 90 % для транспортных средств, использующих природный газ в качестве топлива. Но потенциал у региона очень большой. В связи с этим на территории региона в 2021 году будет построена газозаправочная станция в Новосибирске. В 2022 году запланировано строительство ещё трёх станций.

«Всё больше предприятий и автомобилестроителей в нашем регионе переходят на этот вид топлива. Сотрудничество Агентства и «Газпром газомоторное топливо» будет способствовать сокращению транспортных издержек компаний и жителей области, улучшению экологической обстановки в регионе», – отметил генеральный директор АИР Александр Зырянов.

В настоящее время в регионе работают всего семь АГНКС. С 2018 года на метановое топливо в Новосибирской области ежегодно переходят более тысячи транспортных средств. В рамках нацпроекта «Безопасные качественные дороги» для обновления общественного транспорта Новосибирска закуплено 40 автобусов большого и особо большого класса, использующих в качестве моторного топлива метан. В планах приобретение ещё 150 автобусов такого же класса.

АИР – специализированная организация Новосибирской области по привлечению инвестиций и работе с инвесторами. Она создана региональным правительством в 2005 году. В 2020 году АИР привлёк на территорию региона более 12 млрд руб. инвестиций.

<https://gmt.gazprom.ru/press/news/2021/06/58/>

## МОРСКОЙ ТРАНСПОРТ

### ФИНЛЯНДИЯ

Финская машиностроительная компания Wärtsilä предоставит основные двигатели и системы для подачи СПГ, которые будут установлены на двух новых буксирах, использующих газовое топливо. Работа над судами ведётся на турецкой верфи Sanmar по заказу канадской компании HaiSea Marine, совместно-го предприятия Haisla Nation и Seaspan Marine Transportation.

Повышенная экологическая безопасность этих судов не будет иметь аналогов среди буксиров, курсирующих в настоящее время в прибрежных водах Британской Колумбии, одной из провинций Канады. Марк Кенефорд, главный управляющий Wärtsilä Marine Power по вопросам продаж, отметил, что компания уделяет большое внимание созданию и внедрению экологически чистых технологий и поддерживает инициативы по сокращению вредных выбросов в судоходной отрасли.

Wärtsilä продолжает развивать сотрудничество с Seaspan Marine и предоставит для её нового проекта свои решения, которые будут применяться на буксирах, разработанных компанией Robert Allan Ltd. Двухтопливные двигатели модели 34DF способны использовать СПГ, они оборудованы системой фильтров, основанных на принципе выборочного каталитического восстановления, что позволит снизить содержание оксидов азота в выхлопных газах. Помимо этого, в 2022 году на верфь также будет отгружена система LNGPac, предназначенная для хранения топлива и регулирования его подачи.

Ранее Wärtsilä произвела поставку оборудования для двух паромов, которые в настоящее время эксплуатирует SeaSpan Ferries, ещё одна дочерняя компания Seaspan. Этот успешный опыт совместной работы способствовал заключению нового контракта.

Источник: [gasworld.com](https://www.gasworld.com)

### ФРАНЦИЯ

Французская судоходная компания Brittany Ferries в 2024-2025 гг. пополнит свой флот двумя новыми паромами, работающими на СПГ и электричестве. Эти суда работают по тому же принципу, что и гибридный автомобиль. Во время рейса в море они будут работать на СПГ. Но в проливе Ла-Манш, а также при заходе в порт и выходе из него они частично или полностью перейдут на аккумуляторные батареи. Кроме того, суда смогут при стоянке на причале подключаться к береговой электростанции (при её наличии в порту) для зарядки судовых батарей и обеспечения питанием систем кондиционирования воздуха, отопления и освещения, что улучшит качество воздуха в порту.

Паромы будут получены во фрахт от шведской StenaRoRo по 10-летнему тайм-чартерному соглашению. Эти суда заменят два устаревших судна и будут обслуживать грузопассажирские маршруты. Приобретение во фрахт судов осуществляется в рамках плана обновления флота Brittany Ferries. До них будут получены паромы на газомоторном топливе Salamanca (2022 г.) и Santoña (2023 г.), которые станут обслуживать паромные маршруты между Великобританией и Испанией.



Каждое судно спроектировано с учётом тенденций как в пассажирских, так и в грузовых перевозках. Новые суда лучше адаптированы к современным типам легковых автомобилей. Водители электромобилей смогут заряжать их во время рейса.

Brittany Ferries является коммерческим названием французской судоходной компании BAI (Bretagne Angleterre Irlande) S.A., основанной в 1973 году.

<https://portnews.ru/news/316023/>

## ЯПОНИЯ

Японская компания Nippon Yusen, которая занимается морскими грузоперевозками, собирается заказать 12 новых судов с двигателями на СПГ для отгрузок транспортных средств. Это позволит ей стать владельцем крупнейшего в мире парка таких автовозов.

Сумма инвестиций в проект составит порядка 100 млрд иен (912 млн долл.).

Строительством судов займутся две японские компании Shin Kurushima Dockyard и Nihon Shipyard. Каждая из них должна будет поставить по шесть автовозов на СПГ, способных перевозить до 7 тыс. транспортных средств. В настоящее время в мире курсируют около 700 подобных судов, но только десять из них используют в качестве топлива СПГ. В распоряжении компании Nippon Yusen уже есть один такой автовоз, и новый заказ позволит ей выйти в мировые лидеры по данному показателю. Помимо этого, к 2028 году фирма рассчитывает довести число таких судов, находящихся в эксплуатации, до 20 единиц.

Источник: [teknoblog.ru](http://teknoblog.ru)

## ЮЖНАЯ КОРЕЯ

Южная Корея также взяла курс на более активное использование СПГ на морском транспорте. Министерство океанов и рыболовства заявило, что в скором времени на верфях страны будет построена серия сухогрузов с силовой установкой на СПГ, которые станут крупнейшими в мире в своём классе.

Для реализации этой задачи было подписано соглашение с металлургической государственной компанией POSCO, одним из крупнейших СПГ-трейдеров KOGAS, Корейским банком развития и рядом научно-исследовательских институтов. В его рамках будет разработан проект класса сухогрузов водоизмещением 180 тыс. т с двигателями на СПГ.

Данная правительственная программа поможет судостроительной промышленности Южной Кореи расширить выпуск кораблей с силовой установкой на СПГ. Такие суда полностью отвечают новым требованиям касательно серосодержащих выбросов, установленным MARPOL.

Отметим, что южнокорейские верфи построили большинство существующих в мире СПГ-танкеров, а также заключили несколько контрактов на строительство кораблей с СПГ-двигателями. Страна является вторым государством по объёмам закупок СПГ в мире. Первое место по этому показателю занимает Япония.

Источник: [teknoblog.ru](http://teknoblog.ru)

# Tesla представила свой самый быстрый электромобиль

*В июне в городе Фримонт (штат Калифорния, США) компания Tesla представила новую версию своего электромобиля Model S. Новая версия носит название Plaid. Эта версия находилась в разработке не менее двух лет: прототипы были замечены во время испытаний ещё в 2019 году.*

Презентацию вёл глава Tesla Илон Маск. Как отметил предприниматель, критики ранее заостряли внимание на том, что обновлённая версия автомобиля Model S будет «безумно быстрой», и выражали сомнения в необходимости выпускать такие машины. По словам Маска, разработка Model S Plaid была «довольно важна для будущего устойчивой энергетики».

– Мы должны были показать, что электромобили бесспорно являются лучшими автомобилями, – сказал бизнесмен.

В новой модели применяются три электродвигателя с увеличенной до 1020 л.с. мощностью. Чтобы повысить отдачу, пришлось разработать технологию покрытия медной обмотки ротора при помощи углеродного волокна. Тяговые аккумуляторы тоже были усовершенствованы, однако технические подробности пока не раскрываются.

В очередной раз оптимизирована форма отдельных кузовных элементов, что помогло снизить коэффициент аэродинамического сопротивления до 0,208. Это самый низкий



Новый электромобиль Model S Plaid

В Tesla заявляют, что Model S Plaid является самым быстрым автомобилем серийного производства. «Model S Plaid – это машина, которая быстрее любого спортивного автомобиля, быстрее любой Porsche и одновременно безопаснее любой Volvo», – уверен Маск. По его словам, новый электромобиль может меньше чем за две секунды разогнаться до 96,5 км/ч. Максимальная скорость электромобиля превышает 320 км/ч. Машина способна проехать без подзарядки более 620 км. Стоимость Model S Plaid составляет около 130 тыс. долл. США.



Илон Маск на презентации нового электромобиля

показатель среди серийных автомобилей. У стандартной Tesla Model S он составляет 0,24.

Чтобы повысить эффективность отвода тепла от электромоторов и аккумуляторов, применён доработанный тепловой насос. Его можно использовать для обогрева салона и тяговой батареи в холодную погоду. Благодаря улучшениям удалось увеличить запас хода зимой на 30 %, а также в половину снизить затраты электроэнергии на обогрев салона. Инженеры доработали быструю зарядку. Теперь Model S способна получить запас

энергии на 300 км пробега за 15 минут.

Первые несколько сотен этих машин уже доставлены заказчикам. Tesla позиционирует новый электромобиль как «самый быстрый из когда-либо существовавших серийных

автомобилей». О запуске обновлённой версии Model S было объявлено в январе. В июле Tesla отменила выпуск самой мощной Model S – Plaid+.

#### Справка

*Tesla была основана Илоном Маском в 2003 году. Штаб-квартира компании находится в Пало-Альто (штат Калифорния). Сначала фирма специализировалась исключительно на производстве электромобилей, но позже стала заниматься также созданием солнечных батарей и других энергонакопительных систем.*

<https://tass.ru/ekonomika/11624419?nw=1623689095000>

Фото: <https://news.drom.ru/Tesla-84284.html>

## Аэробусы на биотопливе: полёт за океан и эксперименты со стопроцентным SAF

*Самолёт Air France впервые совершил трансконтинентальный рейс на смеси керосина и отработанного растительного масла, а Airbus тестирует A350, летающий только на экологичном топливе.*

Авиакомпания Air France готовится к широкому внедрению биологического топлива, существенно снижающего вредные для климата выбросы в атмосферу. Оно уже применяется на маршрутах средней дальности, а теперь французский воздушный перевозчик впервые использовал экологичное авиационное топливо (Sustainable Aviation Fuel, SAF) на трансконтинентальном рейсе в Канаду.

18 мая дальнемагистральный аэробус A350, вылетавший из парижского аэропорта Шарль-де-Голль в Монреаль, был заправлен авиационным керосином с примесью 16 % биотоплива. Оно было изготовлено во Франции из отработанных растительных масел и представлено французским нефтяным концерном Total. Он участвует в проекте, призванном сделать воздушный транспорт более экологичным, вместе с франко-нидерландской холдинговой авиакомпанией Air France-KLM, франко-германо-испанским аэрокосмическим концерном Airbus и оператором парижских аэропортов ADP.

Тем временем во французском городе Тулузе, где находится штаб-квартира и головной завод самолётостроителя Airbus, с марта идут эксперименты с аэробусом A350, работающим на 100%-ном биотопливе. Вслед за наземными тестами авиационных двигателей британской компании Rolls-Royce 16 марта последовали лётные испытания. Их задача состоит не только в том, чтобы проверить способность дальнемагистрального широкофюзеляжного пассажирского лайнера стабильно летать исключительно на биотопливе. Ведь Airbus уже имеет десятилетний опыт его использования.

С тех пор, как немецкая Lufthansa в 2011 году впервые в мире на протяжении полугода применяла на среднемагистральных пассажирских самолетах A321 биокеросин, наполовину состоящий из SAF, по всему миру было осуществлено свыше 300 тысяч полётов с биотопливом, сообщает европейский авиастроитель на своём сайте. Сегодня все гражданские самолеты Airbus сертифицированы для заправки горючим, содержащим до 50 % SAF.



Париж, 18 мая 2021 г.  
 Заправка самолёта Air France  
 биотопливом перед полётом в Канаду



Завод Airbus в британском Бротоне.  
 С 2019 года биотопливом заправляют  
 и грузовой самолёт Beluga

Уникальность идущих в Тулузе экспериментов в том, что впервые научно исследуется вопрос, в какой мере полный переход на биотопливо повышает экологичность полётов. Считается, что выбросы углекислого газа можно сократить более чем на 80 %. В ходе наземных испытаний двигателей анализируется выделение твёрдых частиц, а эмиссия парниковых газов исследуется непосредственно в небе. Для этого в 50 метрах за экспериментальным A350 летает, фиксируя своими датчиками выхлопы его двигателей, переоборудованный в лабораторию бизнес-джет Dassault Falcon 20E, принадлежащий Немецкому центру аэрокосмических исследований (DLR).

Центр участвует в исследовательском проекте Airbus вместе с Rolls-Royce и финской энергетической компанией Neste. Она уже превратила производство биодизеля в один из ключевых элементов своей всё более «зелёной» бизнес-модели, а теперь проявляет растущий интерес к выпуску биологического авиационного топлива. Для эксперимента в Тулузе компания поставила в общей сложности 117 тонн SAF, которое было произведено и очищено на нефтеперерабатывающем заводе в финском Порвоо, а затем подверглось фракционированию в нидерландском Роттердаме.

На первоначальном этапе SAF производилось из растений и отходов их переработки, например из ятрофы (род семейства молочайные), однако возникла опасность, что

слишком много сельскохозяйственных площадей будет переориентировано на выращивание не продовольствия, а сырья для получения горючего. Поэтому сейчас в ЕС переходят на производство и использование биотоплива второго поколения, для которого сырьём служат мусор, отходы деревообработки, отработанные растительные масла и жиры.

Пока SAF стоит примерно в три раза дороже, чем авиационный керосин, и производится для мирового рынка лишь в очень ограниченных количествах. Однако итоги эксперимента в Тулузе, которые будут окончательно подведены в 2022 году, могут привести к росту спроса на биотопливо со стороны европейских авиакомпаний, клиенты которых в ЕС всё чаще изъявляют готовность приплачивать определённую сумму ради более экологичного полёта. А рост спроса неизменно ведёт в рыночной экономике к увеличению конкуренции, масштабированию производства и снижению цен.

Для концерна Airbus перевод своих лайнеров на биотопливо – это важное, но далеко не единственное направление декарбонизации воздушного сообщения ради защиты климата. Параллельно с экспериментом в Тулузе европейский авиастроитель продолжает работать над другими проектами создания низкоэмиссионных самолётов. Эти проекты связаны с «зелёным» водородом, синтетическими видами топлива E-Fuels и электрическими двигателями.

<https://www.dw.com/ru/ajerobusy-na-biotoplive>

# Технология метанольных топливных элементов Blue World Technologies

*Подавляющее большинство в датском парламенте согласилось выделить 850 млн датских крон на развитие датской технологии Power-to-X в рамках программы IPCEI.*

Министерство промышленности, бизнеса и финансов Дании объявило, что проект Green CCU Hub в Ольборге (Дания), в котором Blue World Technologies выступает партнёром по технологиям топливных элементов (ТЭ), прошёл предварительную квалификацию и перейдёт к следующему этапу программы IPCEI. Программа IPCEI – проект, объединяющий общие европейские интересы, – представляет собой совместные усилия всего Евросоюза по укреплению цепочки создания стоимости водорода и продвижению вперёд «зелёного» перехода.

Blue World Technologies в качестве технологического партнёра по топливным элементам в проекте Green CCU Hub разработает и продемонстрирует технологию топливных элементов, позволяющую эффективно использовать метанол для перевозки тяжёлых грузов в краткосрочной и долгосрочной перспективе. Основными партнёрами проекта являются REintegrate, производитель метанола, European Energy, энергетическая компания, специализирующаяся на солнечной энергии и ветре, и Порт Ольборг, отвечающий за подготовку площадки и складские помещения.

Целью проекта является ежегодное производство 75 тыс. тонн метанола, что делает его одним из крупнейших предприятий по производству метанола в Европе и одновременно поддерживает развитие одного из крупнейших в мире испытательных полигонов для метанольных топливных элементов.

Во всём мире 74,5 % выбросов углекислого газа в транспортном секторе приходится на дорожные транспортные средства. Поэтому мировые производители транспортной техники всё больше внимания уделяют новым и более совершенным технологиям, обеспечивающим надёжную альтернативу использованию ископаемого топлива. Прямая электрификация

и технология аккумуляторных батарей могут в некоторой степени стать ответом, но для преодоления серьёзных проблем с дальностью пробега и временем простоя для зарядки, особенно в секторе тяжеловозов, также требуются и другие технологии. Именно здесь в игру вступают метанольные ТЭ.

Топливные элементы на метаноле обеспечивают электрический двигатель необходимыми качествами, предоставляя такое же удобство и гибкость, как и в двигателях внутреннего сгорания на ископаемом топливе. Система ТЭ устраняет выбросы оксидов азота и серы, а также твёрдых частиц, а использование электронного метанола на основе возобновляемых источников обеспечивает чистый нулевой выброс углекислого газа, что приносит пользу как климату, так и окружающей среде.

«Мы очень гордимся тем, что участвуем в качестве партнёра по технологии топливных элементов в проекте Green CCU Hub в Ольборге. Благодаря высокой эффективности технология топливных элементов является ключевой для обеспечения экономичного использования метанола, необходимого для того, чтобы он мог конкурировать с традиционными видами топлива. Этот проект охватывает всю цепочку создания стоимости от производства метанола, хранения и распределения топлива до эффективного использования, тем самым обеспечивая широкий спектр концепций, поддерживающих внедрение метанола в качестве будущего топлива для транспортного сектора», – объясняет Мадс Фриис Йенсен, коммерческий директор и соучредитель Blue World Technologies.

Технология метанольных топливных элементов от Blue World Technologies обеспечивает высокую эффективность примерно на 45 %, а внутренняя регенерация воды – высокую плотность энергии, превосходящую

плотность энергии аккумуляторных электрических и водородных топливных элементов. Важным фактором в доведении метанольных ТЭ до коммерческого уровня является индустриализация технологии, и поэтому Blue World Technologies находится в процессе создания крупномасштабного производства в порту Ольборг. Ожидается, что в течение следующих трёх лет завод достигнет годовой производственной мощности в 50 тыс. единиц ТЭ.

«В течение последних нескольких лет акцент сместился с водорода, причём метанол является одним из наиболее перспективных кандидатов в качестве искомого топлива. Многие водородные проекты, о которых мы слышим, на самом деле имеют метанол в качестве конечного продукта», – говорит Мадс Фриис Йенсен.

Использование водорода, получаемого из возобновляемых источников энергии, для производства электронного метанола устраняет значительный рыночный барьер для развития рынка водорода – инфраструктуру.

Поскольку метанол является жидким, он может с незначительной модернизацией использовать существующую в мире инфраструктуру, которая включает в себя крупные хранилища, распределительные и заправочные станции. Таким образом, это исключает крупные инвестиции, необходимые для развёртывания инфраструктуры производства водорода под давлением.

Поскольку обычные двигатели внутреннего сгорания могут работать на метаноле, топливные смеси с содержанием метанола до 85 % могут использоваться для транспортных средств, работающих на бензине, в переходной фазе. Это обеспечивает немедленное сокращение выбросов CO<sub>2</sub> существующим парком транспортных средств и таким образом ускоряет переход к «зелёному» режиму при одновременном внедрении ещё более экологически чистых и эффективных метанольных топливных элементов.

<http://www.energyland.info/analytic-show-214852>

# Основные тенденции на водородном рынке

Компания Vostock Capital подготовила отчёт<sup>1</sup>, посвящённый производству водорода в России и перспективам развития в этой области. В основу отчёта легли мнения экспертов, руководителей предприятий, а также представителей регулятивных органов, чья деятельность непосредственно связана с производством водорода. Также в отчёте использованы данные из открытых источников, таких как сайт Министерства Энергетики РФ, исследования консалтинговых агентств и СМИ.

В настоящее время всё больше развитых стран переходят на использование водорода как в промышленности, так и в энергетике. Это обусловлено рядом факторов, действие которых было ускорено пандемией коронавируса. В основном это связано со спадом спроса на углеводородное сырьё и стремлением крупных экономик мира сократить выбросы углекислого газа до нулевых показателей к 2050 году в рамках Парижского соглашения по климату. Так, США, Австралия, Япония, Китай активно разрабатывают технологии, связанные с производством водорода. А Европейский Союз в 2020 году представил «Водородную стратегию для климатически нейтральной Европы», согласно которой приоритетным направлением для стран ЕС является использование водорода, производимого с использованием возобновляемых источников энергии.

Россия также стремится участвовать в создании зарождающегося водородного рынка. Инновации вводятся на нефтегазовых и химических производствах. Однако наиболее приоритетным направлением является водородная энергетика. В октябре 2020 года Минэнерго утвердило «дорожную карту» по развитию водородной энергетике. Также Минэнерго и Минпромторг России работают над созданием специальной автономной некоммерческой организации (АНО), основной деятельностью которой станет развитие водородных технологий в России. Об этом было объявлено в рамках онлайн-конференции «Водородная стратегия и ключевые тренды энергоперехода» в марте 2021 года.

В настоящее время интерес к водороду по всему миру значительно увеличился. Некоторые развитые страны в 2020 году включили в свои антикризисные программы действия по снижению углеродоёмкости ВВП.

<sup>1</sup> <https://hydrogenru.com/>

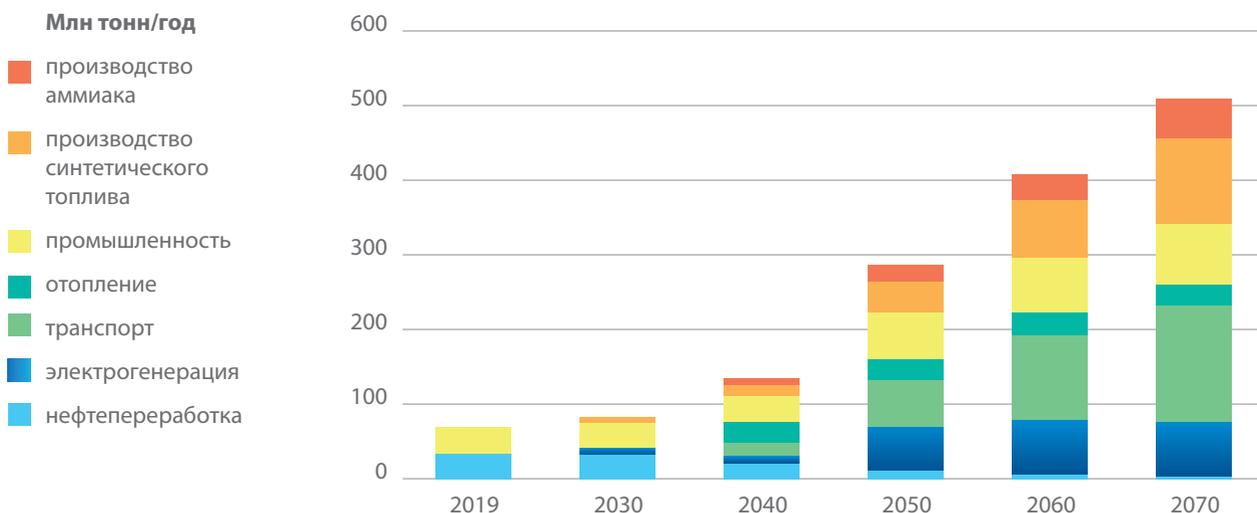


Многие из них, например, ЕС, США, Чили, опубликовали национальные стратегии развития водородной экономики. А агентство IEA прогнозирует рост мирового рынка водорода до 62 млн тонн к 2035-2040 гг. с постепенным увеличением его использования в таких областях, как энергетика и промышленность в качестве автомобильного топлива (рис. 1).

Курс на декарбонизацию, а также снижение цен на энергоносители в мире не могли не повлиять на ситуацию в России. Российские предприятия стараются внедрять новые технологии по производству водорода, а также предпринимают действия по снижению негативного воздействия на окружающую среду. В основном водород производят на месте потребления, поскольку нет условий для транспортировки. Основными отраслями, использующими водород, являются газохимическая, металлургическая и нефтеперерабатывающая. Здесь используется 95 % производимого в России водорода. В целом, на сегодняшний день в России производится около 5 млн тонн водорода при мировом потреблении в 72 млн тонн. Однако, согласно Энергостратегии 2035, Россия планирует удвоить производство водорода и занять до 16 % мирового рынка.

РИС. 1

Прогноз мирового потребления водорода по сегментам 2019-2070 гг., млн т/год<sup>2</sup>



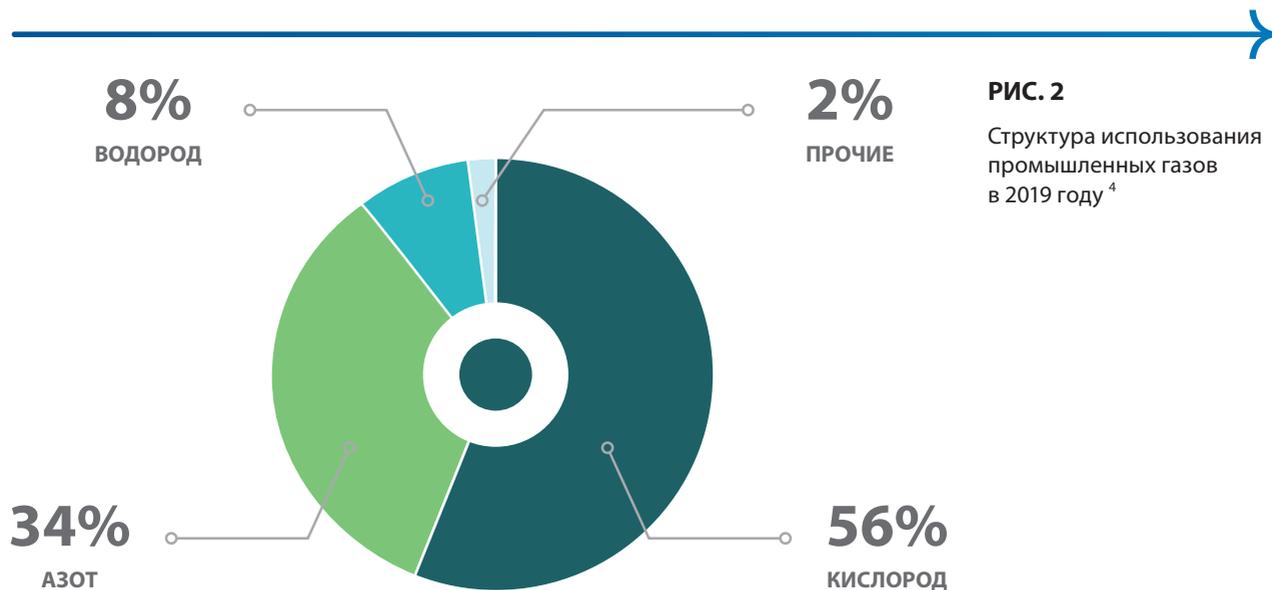
## Применение водорода в промышленности

Современную промышленность невозможно представить без использования промышленных газов (рис. 2). Одним из самых востребованных промышленных газов является водород, который уже на протяжении многих десятков лет используется в различных отраслях промышленности<sup>3</sup> (рис. 3). В основном водород получают из природного газа путём паровой конверсии (68 %). Это значительно дешевле, чем, например, из воды с помощью электролиза.

Основной областью применения водорода является химическая промышленность, а именно – производство аммиака. В дальнейшем аммиак используется для получения азотных удобрений, взрывчатых веществ, синтетических волокон, пластмассы, лекарств. В химической промышленности самой крупной подотраслью является производство удобрений. Предприятия данной подотрасли активно

<sup>2</sup> IEA, Global hydrogen demand by sector in the Sustainable Development Scenario, 2019-2070.

<sup>3</sup> MegaResearch. Анализ рынка промышленных газов.



**РИС. 2**  
Структура использования промышленных газов в 2019 году<sup>4</sup>

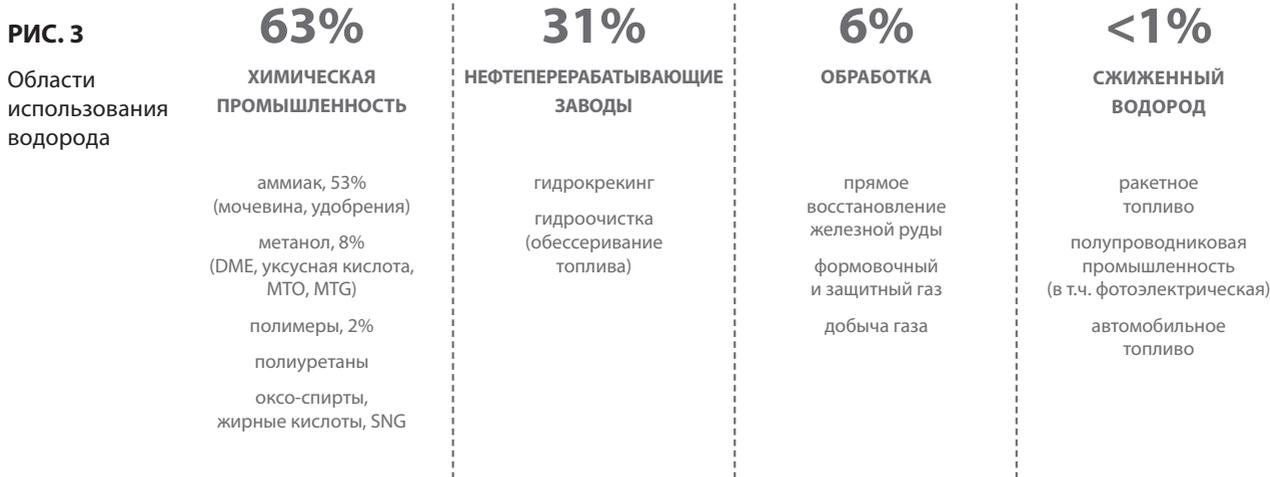
развиваются, увеличивают производственные мощности. По оценке Минсельхоза, к 2024 году потребление удобрений в стране может увеличиться до 8 млн тонн в пересчёте на 100 % питательных веществ, то есть более чем вдвое. Размер необходимых инвестиций может достигнуть 1,5 трлн рублей. Например, «ФосАгро» рассчитывает до 2025 года вложить в модернизацию и строительство не менее 200 млрд рублей. Это позволит компании увеличить производство минеральных удобрений на 20 % до 11,5 млн т/год. «ЕвроХим» в перспективе следующих пяти лет рассчитывает значительно расширить производство сложных удобрений. «Акрон» ведёт проект по глубокой модернизации агрегата Карбамид № 6, после завершения которого в 2021 году мощность цеха вырастет до 1,9 млн т/год.

Следующая не менее важная отрасль, где необходим водород – нефтепереработка. На нефтеперерабатывающих заводах этот газ используется в основном для гидрокрекинга и гидроочистки. В связи с ужесточением требований к нефтепродуктам, а также из-за увеличения доли тяжёлой нефти в переработке, российские НПЗ активно инвестируют в модернизацию своих производств. Ожидается, что мощности российских НПЗ по глубокой переработке нефти к концу 2027 года увеличатся на 76 % по сравнению с текущим уровнем за счёт строительства соответствующих установок примерно на 20 НПЗ страны. При этом в 2021 году Минэкономразвития разработало проект постановления правительства РФ, позволяющий проводить модернизацию НПЗ для глубокой переработки нефтяного сырья в рамках соглашений о защите и поощрении капиталовложений (СЗПК). В перечень установок были включены агрегаты крекинга, замедленного коксования, риформинга, изомеризации бензина и др.

На условном третьем месте по использованию водорода стоит металлургия. Здесь основная доля водорода приходится на получение металлизированного сырья прямым восстановлением железа. Главным проектом в этой области является строительство компанией «Металлоинвест» крупнейшего в мире завода по производству горячебрикетированного железа (ГБЖ) в Курской области стоимостью более 40 млрд рублей. Ключевым отличием данного проекта является то, что новая установка металлизации проектируется на

<sup>4</sup> Центр энергетики МШУ СКОЛКОВО. Водородная экономика – путь к низкоуглеродному развитию, 2019.

принципах безуглеродной металлургии – с перспективой полного перехода на использование «зелёного» водорода в качестве восстановителя. Этот проект создаёт основу для развития «зелёной» металлургии и перехода мировой индустрии на экологичные технологии производства стали.



### Водородная энергетика России

Одним из наиболее перспективных направлений по использованию водорода в России на сегодняшний день является водородная энергетика. У России здесь хорошие перспективы, которые обусловлены такими факторами, как большие запасы природного газа для производства водорода, положение России между двумя ключевыми рынками сбыта – Европой и Азией, а также развитая научно-производственная база. При этом основными трудностями на пути реализации потенциала водородной энергетике России могут стать дороговизна технологий, отсутствие нормативной базы и необходимой инфраструктуры для транспортировки газа.

В целях развития данной отрасли в октябре 2020 года правительство РФ утвердило план мероприятий до 2024 года<sup>5</sup>. Реализацией «дорожной карты» займутся «Газпром» и «Ростатом». «Газпром» планирует производить «бирюзовый» водород из газа с побочным образованием сажи, а «Росатом» заявляет о производстве «жёлтого» водорода, получаемого из воды методом электролиза при помощи атомной электроэнергии. Ещё одна крупная компания, не указанная в плане, НОВАТЭК также планирует присоединиться к водородному рынку России. Компания активно изучает технологии по производству «голубого» водорода с последующим захоронением CO<sub>2</sub>. В целом, в России к 2035 году планируется производить 10 млн тонн водорода, 2 млн тонн из которых будут экспортироваться.

Основные проекты в рамках плана мероприятий по развитию водородной энергетике:

- до 2021 года разработка и испытания «Газпромом» газовой турбины на метано-водородном топливе;
- до 2024 года изучение «Газпромом» возможностей применения водорода и метано-водородного топлива в газовых установках

<sup>5</sup> Министерство энергетики РФ <https://minenergo.gov.ru/node/19194>.

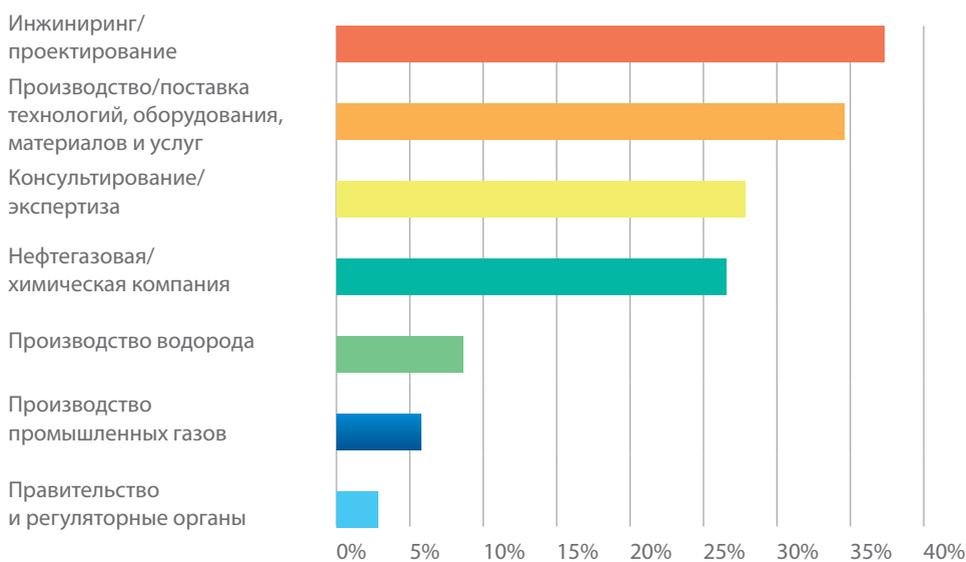
(газотурбинные двигатели, газовые бойлеры и т.д.) и в качестве моторного топлива на различных видах транспорта;

- к 2024 году строительство «Росатомом» опытного полигона для испытаний железнодорожного транспорта на водороде.

По предварительным данным, Минпромторг РФ уже планирует выделить более 1 млрд рублей на поддержку ряда предприятий по производству оборудования, связанного с водородным направлением. При этом в целом «Водородная экономика» РФ потребует ежегодных инвестиций в объёме 2,2–3,9 млрд долл. США в год для достижения намеченного уровня развития к 2030 году.

## Участники исследования

Одной из важнейших составляющих данного отчёта является опрос, проведённый среди представителей российских инжиниринговых, проектных, нефтегазовых и химических компаний, а также компаний по производству промышленных газов. Кроме того, на вопросы ответили технические специалисты, подрядчики, поставщики и производители оборудования и услуг, работающие в данной сфере, а также представители регуляторных органов. Всего в опросе участвовало 220 респондентов (рис. 4).



**РИС. 4**

Направление деятельности компаний, принявших участие в опросе, %

### Организации-участники исследования:

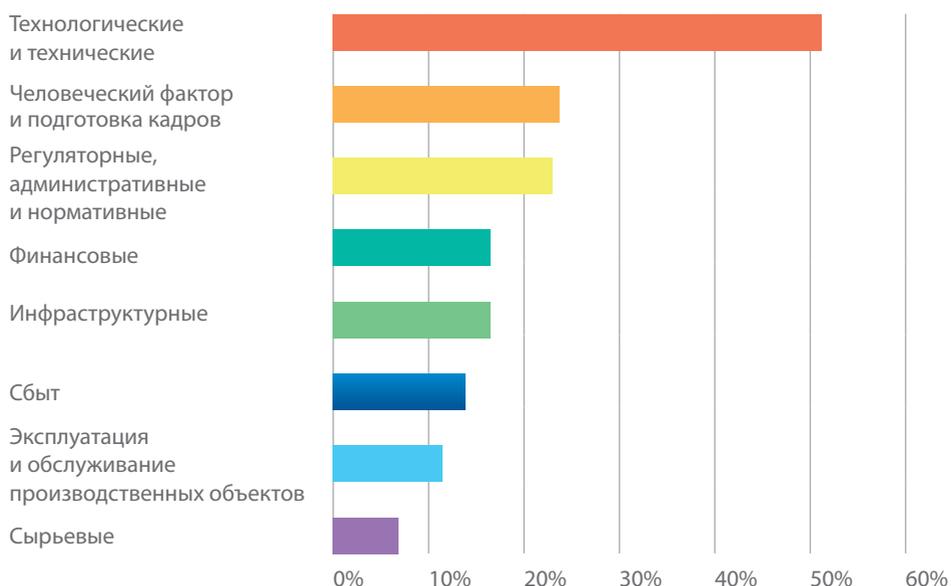
АО «Михайловский ГОК им. А.В. Варичева», ПАО «Сургут-нефтегаз», ОАО ГИАП, ООО «Газпром переработка», ООО «Линде Инжиниринг Рус», ПАО «Нижнекамскнефтехим», РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», ПАО «ТМК», ПАО «ГМК «Норильский никель», ООО «ЕвразХолдинг», АО «Атомэнергомаш», АО «КазАзот», АО «Новохим», АО «Полярный Кварц», ООО «Ферганский НПЗ» и многие другие.

## Результаты исследования в различных отраслях, связанных с производством водорода

### С какими основными вызовами сталкивается ваш бизнес/организация при работе в сфере производства водорода?

Участникам опроса было предложено выбрать наиболее распространённые вызовы (рис. 5), с которыми они сталкиваются в сфере производства водорода. Среди наиболее популярных ответов – технологические и технические вызовы (51,45 %); регуляторные, административные и нормативные вызовы (23,12 %); человеческий фактор и подготовка кадров (23,70 %). Меньше всего трудностей возникает с сырьевой базой (6,94 %).

**РИС. 5**  
Основные проблемы в сфере производства водорода

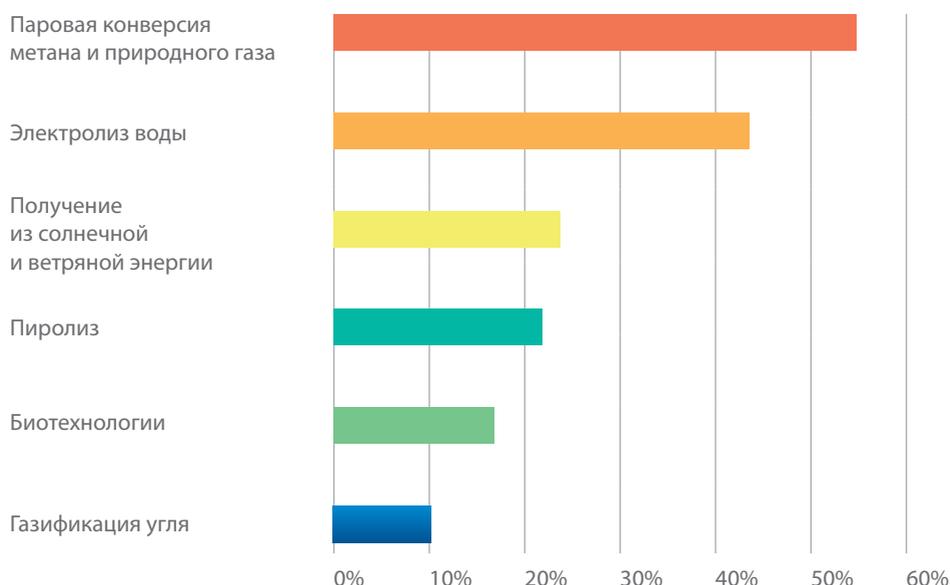


### Какой из способов производства водорода вы считаете наиболее перспективным?

Среди предложенных вариантов производства водорода (рис. 6) – паровая конверсия метана и природного газа, газификация угля, электролиз воды, пиролиз, получение из солнечной и ветряной энергии, биотехнологии – наиболее перспективными участники опроса считают паровую конверсию метана и природного газа (54,59 %), а также электролиз воды (42,16 %).

### Как вы оцениваете перспективы развития отрасли производства водорода в ближайшие 5-10 лет? Какие глобальные тренды в индустрии, по вашему мнению, окажут на отрасль наибольшее влияние?

Абсолютное большинство респондентов положительно оценивают перспективы развития в области производства водорода. Около 90 % участников опроса прогнозируют рост производства водорода в связи с направлением на декарбонизацию развитых стран, введением углеродного налога в Европе, а также ограниченным запасом углеводородов. Некоторые респонденты отметили, что водород уже активно используется в химической, нефтеперерабатывающей и металлургической отраслях, и нет предпосылок для снижения доли его потребления.



**РИС. 6**

Наиболее перспективные способы получения водорода по мнению участников опроса, %

Также около 7 % опрошенных отметили, что в пятилетней перспективе возможен лишь запуск пилотных проектов и разработка технологической стороны вопроса. Лишь после этого станет понятно, как скоро будет возможен переход на водородную энергетику. Из глобальных трендов, которые могут оказать наибольшее влияние на рынок водорода, участники опроса отметили следующие направления:

- применение новых материалов и катализаторов;
- административное регулирование;
- производство «зелёного» водорода с использованием энергии ВИЭ;
- производство водорода из природного газа и его транспортировка по газотранспортной системе в виде смеси с метаном;
- вовлечение биотехнологий и мембранных технологий;
- переход к «зелёной» энергетике и транспорту;
- новые технологии хранения водорода;
- улучшение технологий разложения воды;
- совершенствование технологии паровой конверсии природного газа с утилизацией углекислого газа;
- разработка новых газоохлаждаемых ядерных реакторов для электролиза;
- развитие технологии CCS<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Технологии улавливания и захоронения углерода (carbon capture and storage technology – CCS).

## Обзор наиболее актуальных инвестиционных проектов

### Выпуск «зелёного» водорода на базе ветроэлектростанции в Мурманской области

**Инвестиции:** 320 млн долл. США

**Срок:** до 2024 года

**Инициаторы:** «Роснано» и «Энел Россия»

«Роснано» и «Энел Россия» намерены реализовать первый в России проект по выпуску «зелёного» водорода на базе ветроэлектростанции в Мурманской области.

Предполагается выпускать 12 тыс. тонн водорода в год и экспортировать его в ЕС. Инвестиции оцениваются в 320 млн долл. США. Базой для производства станет строящаяся ветроэлектростанция (ВЭС) «Энел Россия» в Мурманской области мощностью 201 МВт (ввод в декабре 2021 года, но возможны задержки), которую генеральная компания строит по договору поставки мощности (ДПМ, гарантирует повышенный возврат инвестиций через оптовый энергорынок).

### Пилотный проект на базе Кольской АЭС

**Срок:** 2022-2030 гг.

**Инициаторы:** «Росатом»

Пилотный проект по созданию инфраструктуры для отработки технологий водородной энергетики и электролизному производству водорода готовится на базе Кольской АЭС. Отчасти это поможет компании решить проблемы исторически сложившегося энергодефицита в Мурманской области. В ближайшие 2-3 года «Росатом» намерен задействовать около 1,5 МВт мощности АЭС для электролизного производства, в пределах 5-7 лет – порядка 4 МВт, а к 2030 году – 500 МВт. По оценке госкорпорации, 1 МВт электрической мощности позволяет выпускать порядка 200 кубометров водорода в час (около 158 тонн в год). Этого объёма водорода будет достаточно, чтобы реализовать, например, пилотные региональные программы по снабжению городского транспорта мегаполисов, утверждают в «Росатоме».

### Создание целого водородного кластера на о. Сахалин

**Инициаторы:** Правительство Сахалинской области, РАН

В настоящее время правительство Сахалинской области изучает возможности создания на острове целого водородного кластера с возможностью экспорта этого вида топлива на рынки азиатских стран. «Сердцем» этого кластера должен стать научно-технологический центр компетенции по водородной энергетике, который создадут на базе Сахалинского государственного университета. Реализация проекта планируется при участии Российской академии наук. По оценкам экспертов, на Сахалине имеются природный газ, резервные мощности энергетической системы и большой ветропотенциал, необходимые для успешной реализации данного проекта.

### Производство низкоуглеродного водорода в Сахалинской области

**Инициаторы:** Русатом Оверсиз, Air Liquide, правительство Сахалинской области

«Русатом Оверсиз» (компания Госкорпорации «Росатом»), Air Liquide, ведущий производитель промышленных газов, и правительство Сахалинской области подписали меморандум о взаимопонимании, предусматривающий сотрудничество с целью изучения возможности организации производства низкоуглеродного водорода в Сахалинской области. Меморандум о взаимопонимании – это первый шаг на пути к созданию водородной энергетики, ориентированной на применение этого топлива как на внутреннем, так и на внешних рынках. Соглашение будет способствовать развитию низкоуглеродной экономики в Сахалинской области.

«В перспективе создание комплекса по производству низкоуглеродного водорода на острове Сахалин открывает возможности для его экспорта в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Мы планируем уже до конца 2021 года получить результаты технико-экономической оценки проекта и первичную проектную документацию, после чего сможем принять максимально эффективное решение об объёмах производства водорода. Ожидается, что они могут составить от 30 до 100 тыс. тонн в год», – заявил Евгений Пакерманов, президент АО «Русатом Оверсиз».

Сахалинская область – уникальный субъект России. Он полностью расположен на островах, обладает богатым ресурсным потенциалом и удачно соседствует со странами АТР. Всё это создаёт особые условия для развития бизнеса и даёт преимущества для реализации ряда инвестиционных проектов. Сегодня Сахалинская область становится площадкой для проведения эксперимента по достижению углеродной нейтральности. Планируется запустить новые инвестиционные проекты, которые будут способствовать решению этой задачи. Правительством Сахалинской области проводится большая работа по улучшению делового климата в регионе: минимизированы административные барьеры, сократилось время на выдачу разрешений на строительство, регистрацию предприятий, постановку на кадастровый учёт объектов недвижимости. Подписанный меморандум подтверждает готовность сторон к тесному и взаимовыгодному сотрудничеству.

---

## Организация железнодорожного сообщения с применением поездов на водородных топливных элементах

**Инициаторы:** «Росатом», РЖД и «Трансмашхолдинг»

Ещё в 2019 году было подписано соглашение между «Росатомом», РЖД и «Трансмашхолдингом» о сотрудничестве по проекту организации железнодорожного сообщения с применением поездов на водородных топливных элементах. В рамках проекта «Росатом» выступит поставщиком водорода, топливных элементов и другого ключевого оборудования. Пилотным полигоном для реализации соглашения «Росатома», РЖД и «Трансмашхолдинга» по созданию поезда на водородных топливных элементах выбрана Сахалинская область.

### Поставки водорода из России в Японию

**Срок:** 2020-2021 гг.

**Инициаторы:** «Росатом», Kawasaki

Госкорпорация «Росатом» в течение ближайшего времени планирует завершить подготовку технико-экономического обоснования (ТЭО) поставок водорода из России в Японию. В сентябре 2019 года «Росатом Оверсиз» и Агентство по природным ресурсам и энергетики Министерства экономики, торговли и промышленности Японии подписали в Токио соглашение о сотрудничестве в сфере совместной разработки в 2020-2021 гг. ТЭО пилотного проекта экспорта водорода из России в Японию. В экспортном проекте рассматривается возможность производства водорода для японского рынка методом электролиза. Подготовку ТЭО поставок водорода из России в Японию «Росатом» ведёт совместно с властями Японии и компанией Kawasaki.

### Производство метано-водородных смесей, создание транспортировочной инфраструктуры

**Инициатор:** «Газпром»

«Газпром» намерен разрабатывать собственные технологии для производства метано-водородных смесей, а также для получения водорода из метана без выбросов

углекислого газа. Компания также хочет построить необходимую для транспортировки продукции инфраструктуру. В декабре прошлого года «Газпром» сообщал о том, что создаст специальную компанию для реализации проектов в данном сегменте – «Газпром водород». У концерна имеются планы строительства завода по производству водорода в Германии, рядом с выходом на берег «Северного потока-2». Выбор места в данном случае закономерен: в конце февраля стало известно, что «Газпром» и немецкая Wintershall вместе работают над технологией производства водорода при помощи пиролиза метана, а Российско-Германская внешнеторговая палата создала специальную рабочую группу.

### Научно-технический центр водородной энергетики

**Инициаторы:** Институт проблем химической физики РАН и АФК «Система»

В подмосковном городе Черноголовка появится научно-технический центр, где будут проводиться не только исследования и разработки в области водородной энергетики, но и создание на их основе опытных образцов конечной продукции. То есть речь идёт о коммерциализации исследований, что пока является болевой точкой отечественной инновационной системы. Соглашение о создании центра подписали Институт проблем химической физики РАН и АФК «Система». Кроме того, стороны будут совместно популяризировать проекты в области водородной энергетики, а также сотрудничать с профильными научно-исследовательскими институтами и рыночными игроками.

### Промышленное производство водорода на АЭС

**Инвестиции:** около 275 млрд рублей

**Срок:** 2030 год

**Инициаторы:** концерн «Росэнергоатом» и «ОКБМ Африкантов»

В августе 2018 года концерн «Росэнергоатом» (оператор всех российских АЭС, входит в электроэнергетический дивизион «Росатома») и «ОКБМ Африкантов» (входит в

машиностроительный дивизион ГК «Росатом») занялись обоснованием разработки проектных предложений по промышленному производству водорода на АЭС. Согласно материалам госкорпорации, инвестиции в создание головной АЭС для крупномасштабного производства водорода могут составить около 275 млрд рублей, а её сооружение ожидается к 2030 году.

### Создание и использование в составе отдельных АЭС автономных модулей по производству и накоплению водорода

**Срок:** идёт разработка технических предложений и технико-экономическая оценка

**Инициатор:** Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций (ВНИИАЭС)

Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций (входит в электроэнергетический дивизион «Росатома») ведёт разработку технических предложений и проводит технико-экономическую оценку создания и использования в составе отдельных АЭС автономных модулей по производству и накоплению водорода для его применения в энерго-снабжении, промышленности и на транспорте.

### Фонд для участия в отборах по новой программе поддержки «зелёной» генерации в РФ

**Инвестиции:** 800 млн евро

**Срок:** 2025-2035 гг.

**Инициаторы:** «Роснано» и «Энел Россия»

Стороны намерены создать совместный фонд для участия в отборах по новой программе поддержки «зелёной» генерации в РФ в 2025-2035 гг., куда каждая сторона вложит по 36,5 млрд рублей (всего 800 млн евро). Технологическим партнёром указан датский Vestas, в то время как партнёром «Энел Россия» по «старым» ДПМ ВИЭ выступала Siemens Gamesa.

### Производство и поставки водорода по «Северному потоку-2»

**Срок:** на стадии рассмотрения

**Инициатор:** Uniper

В настоящее время между Берлином и Москвой ведётся диалог о крупномасштабном производстве «зелёного» водорода. В марте 2020 года вариант с водородом был предложен Uniper. Компания считает, что под прокачку водорода можно использовать до 80 % мощности газопровода.

### Производство и поставки водорода

**Срок:** подписано соглашение

**Инициаторы:** НОВАТЭК и германская Uniper  
НОВАТЭК и Uniper также подписали соглашение о сотрудничестве в области производства и поставок водорода. Стороны намерены совместно развивать производство, транспортировку и поставки водорода. В том числе на электростанциях Uniper в России и Западной Европе, говорится в сообщении НОВАТЭКа.

### Перевод турбин на работу на водородсодержащих смесях топливного газа

**Инициаторы:** НОВАТЭК и итальянская Nuovo Pignone

НОВАТЭК и итальянская Nuovo Pignone (входит в состав Baker Hughes) подписали соглашение о стратегическом сотрудничестве в области сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. Стороны договорились реализовывать проект по переводу турбин на водород. Об этом сообщает российская компания. Стороны подтверждают намерения развивать сотрудничество в области электрических и газотурбинных решений по добыче и сжижению газа, а также сокращения выбросов CO<sub>2</sub>. В рамках исполнения соглашения стороны договорились приступить к реализации проекта по переводу турбин на работу на водородсодержащих смесях топливного газа.

### Проект по генерации водорода на «Ямал СПГ»

**Инициаторы:** НОВАТЭК и Siemens Energy

НОВАТЭК приступил к первому в России промышленному проекту по генерации

---

электроэнергии из водорода. В рамках плана по сокращению выбросов CO<sub>2</sub> немецкая Siemens модернизирует одну из восьми газотурбинных установок SGT-800 (по 47 МВт каждая), установленных на ТЭС, снабжающей электроэнергией СПГ-проект НОВАТЭК «Ямал СПГ», для частичного использования водорода в качестве топлива. Речь идёт о модернизации камеры сгорания: этот узел отвечает за процесс горения топливовоздушной смеси, и необходима его глубокая модернизация для работы на водороде. В результате доля использования водорода в топливе ПГУ может вырасти до 60 %. НОВАТЭК и Siemens Energy сообщили о заключении соглашения о стратегическом сотрудничестве. Компании, в частности, договорились о совместном проекте по замещению природного газа, используемого при производстве электроэнергии и СПГ, углеродно-нейтральным водородом. НОВАТЭК ставил цель к 2030 году снизить выбросы парниковых газов при добыче углеводородов на 6 % с нынешних 12,58 т CO<sub>2</sub> на тысячу баррелей нефтяного эквивалента, а при производстве СПГ – на 5 % (сейчас 0,263 т CO<sub>2</sub> на тонну СПГ).

### **Снижение выбросов парниковых газов за счёт использования водорода**

**Инициаторы:** Siemens Energy, НОВАТЭК

Siemens Energy поставит НОВАТЭКу инновационные решения, которые позволят снизить выбросы парниковых газов за счёт использования водорода. Компании рассмотрят различные стратегии по внедрению низкоуглеродных решений, в том числе при производстве СПГ, а также производства «голубого» и «зелёного» водорода.

### **Инвестирование в российские разработки в области водородной энергетики**

**Инициаторы:** британская ВР, «Роснефть»

«Роснефть» первой из российских нефтяных компаний решила развивать водородный бизнес. Как сообщила компания 4 февраля, партнёром выступит британская ВР. Они вместе изучат перспективы новых проектов с применением возобновляемых источников

энергии, а также использование технологий улавливания, утилизации и хранения CO<sub>2</sub>. В России ВР интересны водородные проекты, а также проекты по торговле выбросами CO<sub>2</sub>, возобновляемым источникам энергии и лесоразведению. Это станет частью совместной работы с «Роснефтью» над проектами по энергетическому переходу, включая низкоуглеродные технологии.

### **Создание особой экономической зоны в Усть-Луге с привлекательными условиями для проектов по водороду**

О создании особой экономической зоны в Усть-Луге с привлекательными условиями для проектов по водороду рассказала директор Агентства экономического развития Ленобласти Анастасия Михальченко: недавно принят закон о специальных инвестиционных проектах, дающий налоговые преференции для инновационных проектов, и в ОЭЗ в Усть-Луге особенно будут приветствоваться проекты по водороду.

### **Строительство приливной электростанции в Охотском море и завода по сжижению водорода**

**Инвестиции:** проект ГЭС оценивается в 60 млрд долл. С ША

Уникальные особенности Охотского моря позволяют РФ сохранить статус энергетической сверхдержавы даже в эпоху «зелёной» энергии. Россия может построить гидроэлектростанцию приливного типа, мощность которой превзойдёт даже ведущие ГЭС и АЭС планеты. В Пенжинской губе – месте, где полуостров Камчатка стыкуется с материком – происходят рекордные приливы. Вода здесь поднимается на 9-13 метров на площади 21 тыс. км<sup>2</sup> (примерно равна Крыму). Объём прибывающей за одни сутки воды составляет 500 кубических километров – для сравнения, вся река Волга прогоняет такой объём через ГЭС за два года. Предполагается, что мощность приливной электростанции с дамбой в Пенжинской губе может составить 100 гВт/ч. Сегодня крупнейшая ГЭС мира, китайская «Три

ущелья», производит всего 22 гВт/ч, а Саяно-Шушенская ГЭС – 6,4 гВт/ч. Атомные электростанции также во много раз уступают проекту по производительности: к примеру, создаваемая Росатомом АЭС «Аккую» в Турции планируется на 4,8 гВт/ч. Помимо уникальной мощности, к преимуществам проекта в Охотском море относят экологичность. АЭС и теплоэлектростанции считаются «грязными» и потенциально опасными для

окружающей среды, тогда как ГЭС и ветряки относятся к самым чистым источникам энергии. Даже возможная катастрофа дамбы не нанесёт ущерба экологии региона, так как её работа обеспечивается турбиной, которая вращается водой. Здесь же РФ может построить завод по сжижению водорода для его экспорта в Японию, ЕС и другие страны.



В материале использован отчёт о текущем состоянии водородной энергетики России, подготовленного аналитиками компании Vostock Capital. Детально вопросы перспектив развития водородной промышленности России будут обсуждаться в рамках Международной конференции и выставки «Водород Россия и СНГ» (20-21 октября 2021 года, Москва).

## На дорогах Эстонии появились беспилотные автомобили на водородных топливных элементах



**Автомобиль-шаттл на водородных топливных элементах**

Эстонский производитель автономных транспортных средств Auve Tech и Тартуский университет совместными усилиями разработали беспилотный автомобиль на водородных топливных элементах. Новинка уже прошла испытания в Департаменте шоссейных дорог Эстонии, и компания получила разрешение

на её использование на дорогах общего пользования.

Автомобиль-шаттл, вмещающий шесть человек, предназначен для перевозок на небольшие расстояния до конечного пункта назначения. Для питания двигателя в нём используются низкотемпературные водородные топливные элементы, разработанные в Тартуском университете.

Хотя автомобиль является самоуправляемым, им можно также управлять дистанционно из удалённого центра. Йоханнес Моссов (Johannes Mossov), генеральный директор Auve Tech, заявил, что автомобиль на водородном топливе является экологически чистой альтернативой обычным автомобилям. «Водород, создаваемый топливными элементами, действует как источник энергии в автомобиле, и единственными побочными продуктами являются испарившаяся вода и тепло. Быстрая заправка автомобиля позволяет увеличить количество рабочих часов, повышая эффективность и предоставляя возможность интегрировать автономный транспорт в нашу повседневную жизнь», – рассказал Моссов.

<https://3dnews.ru/1042293>



# О возможной интенсификации теплоотвода при заполнении газообразным водородом металлокомпозитного шарового баллона

**В.С. Зарубин,**  
профессор  
МГТУ имени Н.Э. Баумана,  
кафедра «Прикладная математика»,  
д.т.н.,

**Я.Г. Осадчий,**  
генеральный директор  
ЗАО НПП «МАШТЕСТ», д.т.н.

Для снижения температуры газообразного водорода в процессе заполнения им металлокомпозитного шарового баллона рассмотрена возможность размещения в баллоне змеевика с протекающей в нём охлаждающей водой. Представлена математическая модель, описывающая тепловой режим баллона, заполняемого неохлаждённым предварительно водородом. Из количественного анализа этой модели следует, что в пределах ограниченного периода заполнения охлаждение водорода непосредственно в баллоне с рабочим давлением 70 МПа позволяет достигнуть плотности водорода, близкой к значению  $40 \text{ кг/м}^3$ .

## Введение

Использование газообразного водорода как экологически чистого энергоносителя является перспективным на транспорте, в частности, в автомобилях с электрическими двигателями [1]. В настоящее время газообразный водород принято размещать на автомобиле, в основном, в металлокомпозитных баллонах типа 3 при давлении до 70 МПа. В процессе заполнения баллона температура водорода существенно возрастает, что понижает темп роста его плотности в баллоне. Снижение температуры водорода за счёт теплоотвода в окружающую среду через оболочку металлокомпозитного баллона оказывается недостаточно эффективным в силу сравнительно низкого уровня теплопроводности армирующего материала. В итоге масса водорода в баллоне после достижения при заправке предельно допустимого давления оказывается меньше расчётной [2], что приводит к уменьшению реального пробега автомобиля по сравнению с прогнозируемым.

В данной работе рассмотрена возможность охлаждения поступающего при заправке в баллон водорода непосредственно в самом баллоне путём установки в нём змеевика с охлаждающей водой. Получены количественные оценки повышения степени заполнения баллона при заправке.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

металлокомпозитный баллон, математическая модель теплового режима, охлаждение водорода в баллоне.

### Взаимосвязь параметров водорода при заправке

В силу малой деформации оболочки баллона его вместимость  $V$  в процессе заполнения водородом можно считать постоянной. Если термодинамический процесс течения водорода от диспенсера заправочной колонки до баллона принять изэнтропным, то из закона сохранения энергии в баллоне получим [2]

$$H_0 V \frac{d\rho(t)}{dt} = V \frac{d(\rho(t)U(t))}{dt} + Q(t), \tag{1}$$

где  $H_0$  – энтальпия единицы массы водорода в диспенсере перед поступлением в баллон;  $\rho$  и  $U$  – соответственно плотность и внутренняя энергия единицы массы водорода в текущий момент времени  $t$ ;  $Q$  – суммарный тепловой поток, передаваемый от водорода к внутренней поверхности оболочки баллона, его входной арматуре, датчикам давления и температуры.

Если считать процесс перехода водорода из диспенсера заправочной колонки в баллон изэнтропным, то в диспенсере энтальпия единицы массы водорода с давлением  $p_0$ , плотностью  $\rho_0$  и температурой  $T_0$  также будет равна  $H_0$ .

Пусть перед началом заправки масса  $m$  водорода в баллоне очень мала, чем можно пренебречь. Тогда при  $H_0 = \text{const}$  интегрированием уравнения (1) по времени с учётом равенства  $U = H - p/\rho$  [3] получим

$$\frac{p_*}{\rho_*} + H_0 - H_* = \frac{Q_\Sigma}{m_*} = \frac{1}{m_*} \int_0^{t_*} Q(t) dt, \tag{2}$$

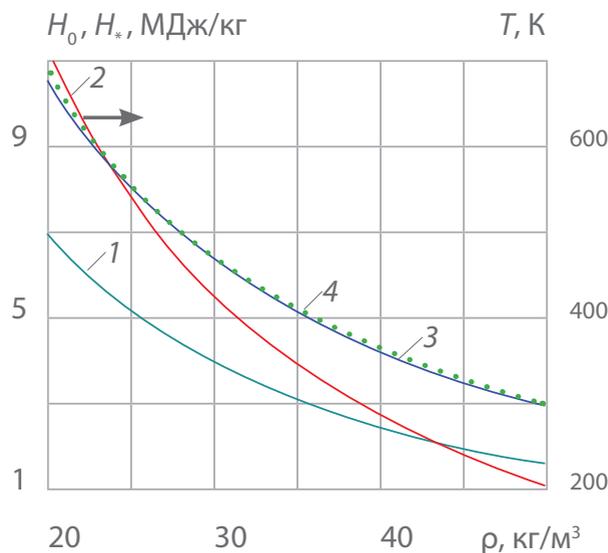
где  $\rho_*$ ,  $m_* = \rho_* V$  и  $H_*$  – плотность, масса и энтальпия единицы массы водорода при достижении в процессе заправки к моменту времени  $t_*$  предельно допустимого значения  $p_*$  давления в баллоне. Если теплоотвод отсутствует ( $Q_\Sigma = 0$ ), то из левой части равенства (2) сразу можно определить предельную плотность водорода,

$$\rho_* = p_*/(H_* - H_0), \tag{3}$$

которая достижима при заправке для заданных значений  $H_0$  и  $p_*$ , поскольку  $H_*$  является однозначной функцией  $p_*$  и  $\rho_*$ .

РИС. 1

Зависимость энтальпии единицы массы водорода  $H_*$  от плотности  $\rho_*$  при фиксированном значении давления в баллоне, равном  $p_*$ .



---

На рис. 1 кривая 1 является графиком зависимости  $H_0$  от  $\rho_*$  при  $p_* = 70$  МПа, определяемой равенством (3), а кривая 2 – графиком зависимости температуры  $T$  водорода от  $\rho_*$  также при  $p_* = 70$  МПа.

При заполнении металлокомпозитных баллонов типа 3 в их полости происходит значительный рост температуры водорода [4, 5]. Рекомендуемым предельным значением температуры водорода в таком баллоне является  $T_* = 358$  К. Согласно уравнению состояния водорода и зависимости его энтальпии от давления и температуры [2, 6, 7], при значениях  $p_* = 70$  МПа и  $T_* = 358$  К плотность и энтальпия водорода в баллоне равны  $\rho_* = 34,39$  г/м<sup>3</sup> и  $H_* = 5,28$  МДж/кг. Условие (3) будет выполнено, если в диспенсере энтальпия водорода будет иметь значение  $H_0 H_* - p_*/\rho_* = 3,24$  МДж/кг. Кривая 3 на рис. 1 соответствует зависимости  $H_*$  от  $\rho_*$  при фиксированном значении давления в баллоне, равном  $p_*$ .

Разработанная Обществом автомобильных инженеров (SAE International) серия стандартов [8], определяющих условия заправки водородом автомобильных баллонов, с целью снижения нагрева заправляемого водорода предусматривает его предварительное охлаждение. При заправке до давления 70 МПа стандартом SAE J2601 установлена необходимость охлаждения водорода до температуры 233 К для компенсации тепловой энергии, выделяемой при последующем сжатии водорода в баллоне в ходе заправки. Полученному выше значению  $H_0$  при этой температуре соответствует плотность  $\rho_0 = 35,95$  кг/м<sup>3</sup> и давление  $p_0 = 47,66$  МПа. Ясно, что если такое давление в диспенсере будет постоянным, то при условии  $Q_\Sigma = 0$  заполнить баллон водородом до давления 70 МПа не удастся. Поэтому стандартом SAE J2601 предусмотрено определяемое непрерывным вычислением постепенное повышение давления  $p_0$  в диспенсере по мере роста также непрерывно измеряемого давления  $p$  в баллоне. Если принять  $p_0 - p_* \approx 3$  МПа, то зависимости  $H_*$  от  $\rho_*$  при  $p_0 = 73$  МПа на рис. 1 будет соответствовать пунктирная линия 4.

Наличие теплоотвода в процессе заполнения баллона может снизить требования к уровню предварительного охлаждения водорода и к системе регулирования давления в диспенсере, используемой на существующих водородных заправочных станциях [8, 9]. Однако для металлокомпозитных баллонов типа 3 в силу низкой теплопроводности армирующих материалов интенсивность естественного теплоотвода в окружающую среду с внешней поверхности баллона достаточно мала и дополнительно убывает с повышением сезонной температуры этой среды. Для достижения расчётной плотности 40 кг/м<sup>3</sup> водорода в баллоне этого типа при давлении 70 МПа необходим достаточно интенсивный теплоотвод из полости такого баллона в процессе его заполнения.

Один из возможных способов интенсификации теплоотвода состоит в установке в полости баллона трубчатого змеевика с необходимым расходом воды. Такое усложнение конструкции баллона может быть компенсировано существенным упрощением оборудования заправочной станции и системы измерения и регулирования параметров процесса заправки, но требует количественного анализа с использованием соответствующей математической модели.

## Математическая модель теплового режима баллона

Оболочка шарового баллона с внутренней полостью радиусом  $r_*$  состоит из металлического лайнера толщиной  $h_*$  и шарового армирующего слоя толщиной  $h_a$ . При объёме  $V_* = 4\pi r_*^3/3$  полости баллона примем, что некоторая часть этого объёма занята змеевиком с протекающей в нём охлаждающей водой и датчиками давления и температуры водорода в баллоне. Первое слагаемое в правой части равенства (1) запишем в виде [2]

$$V \frac{d(\rho U)}{dt} = (H + \rho \frac{\partial H}{\partial \rho})\dot{m} - (\frac{\partial z}{\partial \rho} \dot{m} + V \frac{\partial z}{\partial T} \frac{dT}{dt})\rho RT - zRT\dot{m} - zmR \frac{dT}{dt} + mc_p \frac{dT}{dt} . \quad (4)$$

Здесь  $H$  – энтальпия единицы массы водорода в баллоне,  $\dot{m}(t)$  – масса водорода, поступающая в баллон в единицу времени;  $z$ ,  $T$ ,  $R$  и  $c_p = \partial H/\partial T$  – коэффициент сжимаемости, температура, газовая постоянная и удельная массовая теплоёмкость водорода при постоянном давлении соответственно.

Для текущего значения массы водорода в баллоне справедливо соотношение

$$m = m_0 + \int_0^t \dot{m}(\tau) d\tau , \quad (5)$$

где  $m_0$  – масса водорода в баллоне в момент времени  $t = 0$  начала заполнения баллона.

Для тонкостенного лайнера из алюминиевого сплава коэффициент теплопроводности не менее, чем на два порядка больше коэффициента  $\lambda_a$  теплопроводности армирующего материала. Это позволяет принять температуру лайнера однородной по его толщине  $h_*$ . Значение коэффициента  $\alpha$  теплообмена водорода с лайнером, элементами конструкции датчиков и поверхностью змеевика изменяется в процессе заполнения баллона. Из проведенных расчётов и обработки экспериментальных данных [4, 10, 11] следует, что его значение имеет порядок  $(10^2 \text{ К } 10^3) \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . При этом температура лайнера и других металлических деталей в полости баллона практически совпадает с текущим значением  $T(t)$  температуры водорода. Тогда в шаровом армирующем слое толщиной  $h_a$ , материал которого имеет удельную объёмную теплоёмкость  $c_a$ , нестационарное распределение температуры  $T_a(r, t)$  будет описывать дифференциальное уравнение [12]

$$c_a \frac{\partial T_a(r, t)}{\partial t} = \frac{\lambda_a}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial T_a(r, t)}{\partial r} \right), \quad r \in (r_* + h_*, r_* + h_* + h_a), \quad t > 0 \quad (6)$$

с начальным условием  $T_a(r, 0) = T_b$  и граничными условиями

$$T_a(r_* + h_*, t) = T(t), \quad \lambda_a \frac{\partial T_a(r, t)}{\partial r} \Big|_{r=r_*+h_*+h_a} = \alpha_a (T_b - T_a(r_* + h_* + h_a, t)). \quad (7)$$

Здесь  $T_b$  – температура окружающей баллон среды, совпадающая с начальной температурой баллона;  $\alpha_a$  – коэффициент теплообмена на внешней поверхности армирующего слоя.

Теперь второе слагаемое в правой части равенства (1) можно представить в виде

$$Q(t) = 4\pi((r_* + h_*/2)^2 h_* c_* + C_V) \frac{dT(t)}{dt} - 4\pi(r_* + h_*)^2 \frac{\partial T_a}{\partial r} |_{r=r_*+h_*} + \alpha(T(t) - T_h(t))F_h, \quad (8)$$

где  $c_*$  – удельная объёмная теплоёмкость материала лейнера;  $C_V$  – полная теплоёмкость металлических деталей (помимо лейнера и змеевика) в полости баллона, Дж/К;  $T_h$  – средняя температура контактирующей с водородом внешней поверхности змеевика площадью  $F_h$ .

При коэффициенте  $\lambda_c$  теплопроводности материала трубки змеевика и её толщине  $h_c$  коэффициент теплопередачи от водорода к охлаждающей воде будет определять формула

$$k = 2/((1 + F_f/F_h)/\alpha + (1 + F_h/F_f)/\alpha_f + 2h_c/\lambda_c). \quad (9)$$

Здесь  $\alpha_f$  – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности змеевика площадью  $F_f$ . Формула (9) позволяет последнее слагаемое в правой части равенства (8) заменить на

$$k(T(t) - T_f(t))(F_h + F_f)/2,$$

где  $T_f$  – текущее значение средней температуры охлаждающей воды, определяемое соотношением

$$k(T(t) - T_f(t))(F_h + F_f)/2 = 2c_f \dot{V}_f (T_f(t) - T_f^\circ), \quad (10)$$

описывающим подогрев воды в змеевике. Здесь  $c_f$  и  $\dot{V}_f$  – удельная объёмная теплоёмкость воды и её объёмный расход соответственно,  $T_f^\circ$  – температура воды на входе в змеевик.

В соотношениях (7)...(9), входящих в математическую модель теплового режима заполняемого водородом баллона, подлежат определению коэффициенты теплообмена  $\alpha$ ,  $\alpha_a$  и  $\alpha_f$ . Значения этих коэффициентов можно оценить, используя известные критериальные зависимости [12, 13]. При численном интегрировании уравнения (1) с учётом равенств (4), (5), (8)...(10), используя термодинамические и теплофизические характеристики водорода [2, 6, 7], необходимо параллельно решать задачу нестационарной теплопроводности в армирующем слое, определяемой соотношениями (6) и (7).

## Количественный анализ математической модели

При проведении расчётов примем [2]:  $r_* = 0,230$  м,  $h_* = 0,002$  м,  $h_a = 0,014$  м. Змеевик имеет 40 витков с шагом 0,01 м из алюминиевой трубки с внутренним и наружным диаметрами  $d = 0,006$  м и  $d' = 0,008$  м соответственно, коэффициент теплопроводности материала трубки  $\lambda_c = 117$  Вт/(м·К). При радиусе  $r' = 0,05$  м спиральной осевой линии витой трубки длина  $l$  этой линии равна  $l = 12,566$  м,  $F_f = 0,237$  м<sup>2</sup> и  $F_h = 0,316$  м<sup>2</sup>. Витки змеевика имеют объём 0,00063 м<sup>3</sup>. Пусть из общего объёма  $V_* = 0,05096$  м<sup>3</sup> шаровой полости баллона водород занимает объём  $V = 0,05$  м<sup>3</sup>. Тогда на долю датчиков давления и температуры, элементов крепления змеевика и участков трубок, подводящих и отводящих воду, остаётся объём 0,00033 м<sup>3</sup>.

При температуре 293 К и давлении 70 МПа плотность и масса водорода в рассматриваемом баллоне будут равны 40 кг/м<sup>3</sup> и 2 кг соответственно [2].

При течении жидкости в криволинейном канале змеевика (в отличие от прямолинейного канала) возникают кориолисовы силы, вызывающие циркуляцию в поперечном сечении канала. Это приводит к увеличению критического значения  $Re^*$  числа Рейнольдса, соответствующего началу перехода в змеевике от ламинарного режима течения к турбулентному, и некоторой интенсификации теплообмена. Согласно рекомендованной в справочнике [13] формуле  $Re^* = 2300 + 10500 (d/r')^{0.3}$ , в данном случае  $Re^* = 7858$ . При  $Re = 3 \cdot 10^4$  и значении числа Прандтля  $Pr_f = 7,02$  для воды при температуре  $T_f = 293$  К [12] с использованием при турбулентном режиме течения критериальной зависимости  $Nu_f = 0,023 Re^{0.8} Pr_f^{0.4} (1 + 1,8 d/r')$  [13] получим значение числа Нуссельта  $Nu_f = \alpha_f d / \lambda_f = 232,8$ , где  $\lambda_f = 0,599$  Вт/(м·К) – коэффициент теплопроводности воды при температуре  $T_f$  [12]. Отсюда следует  $\alpha_f = 23236$  Вт/(м<sup>2</sup> К), а при значении  $\nu_f = 1,01 \cdot 10^{-6}$  кинематического коэффициента вязкости воды выбранному значению числа Рейнольдса  $Re = \nu_f d / \nu_f$  соответствует скорость  $\nu_f = 5,05$  м/с воды в змеевике и её объёмный расход  $\dot{V}_f = 1,43 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с.

Для предварительной оценки подогрева воды при её прохождении по змеевику необходимо оценить значение  $\alpha$ . Предполагая, что в полости баллона теплообмен определяется условиями естественной конвекции при турбулентном режиме, значение  $\alpha$  оценим по критериальной зависимости  $Nu = 0,135 Ra^{1/3}$  [12] при достижении в процессе заполнения баллона водородом значений  $p_*$  и  $T_*$ . В эту зависимость входит число Рэлея  $Ra = g_0 \beta (T - T_h) (2r_*)^3 Pr / \nu^2$ , где  $g_0 = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения на поверхности Земли;  $\beta = 2,793 \cdot 10^{-3}$  1/К по данным [6, 7] – коэффициент температурного расширения водорода;  $Pr = 0,642$  и  $\nu = 3,46 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с – соответственно число Прандтля и кинематический коэффициент вязкости водорода. В итоге получим  $Ra = 9,297 \cdot 10^{11}$ , что соответствует развитому турбулентному режиму в полости баллона, а затем вычислим  $Nu = \alpha (2r_*) / \lambda = 1306$  и отсюда найдём оценку для  $\alpha = Nu \lambda / (2r_*) = 806,3$  Вт/(м<sup>2</sup> К), где  $\lambda = 0,278$  Вт/м·К – коэффициент теплопроводности водорода.

Найденная оценка для  $\alpha$  позволяет при помощи формулы (9) оценить коэффициент теплопередачи  $k = 874,2$  Вт/(м<sup>2</sup>К), а равенство (10) после преобразования даёт возможность, приняв  $T_f^o = 277$  К и  $c_f = 4,182$  МДж/м<sup>3</sup> [12], получить оценку для ожидаемого наибольшего значения средней температуры воды в змеевике

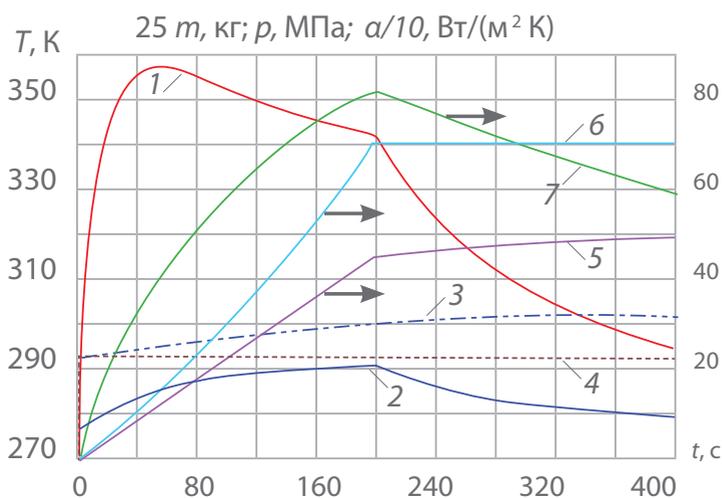
$$T_f^* = (kT_*(F_h + F_f) + 4c_f\dot{V}_fT_f^o) / (k(F_h + F_f) + 4c_f\dot{V}_f) = 290,6\hat{E}.$$

Отсюда следует, что оценкой для ожидаемой наибольшей температуры воды на выходе из змеевика будет значение  $T_f^o + 2(T_f^* - T_f^o) = 304,2$  К.

В качестве армирующего материала выберем комбинированный микропластик из нитей Русар-С и Русар-НТ [2, 14] с толщиной слоя  $h_a = 0,014$  м, коэффициентом теплопроводности  $\lambda_a = 0,2$  Вт/м·К и удельной объёмной теплоёмкостью  $c_a = 2,68$  МДж/м<sup>3</sup>. В граничном условии (7) примем  $\alpha_a = 2$  Вт/(м<sup>2</sup> К) и  $T_b = 293$  К. В формуле (8)

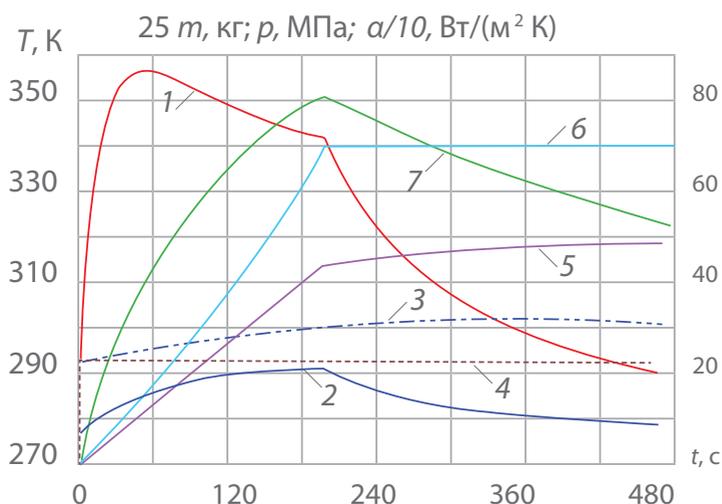
положим  $c_* = 2,434$  МДж/м<sup>3</sup> и  $C_V = 800$  Дж.

На рис. 2 представлены результаты расчёта изменения по времени характерных температур при заполнении рассматриваемого баллона водородом при  $m_0 = 0,005$  кг,  $\dot{m} = 0,009$  кг/с и значении энтальпии  $H_0 = 4,33$  МДж/кг в диспенсере заправочной колонки (это значение соответствует давлению  $p_0 = 73,4$  МПа, температуре  $T_0 = 293$  К и плотности  $\rho_0 = 41$  кг/м<sup>3</sup> [2]). Приведены также зависимости от времени массы  $m$  и давления  $p$  водорода в баллоне и коэффициента теплообмена  $\alpha$ . При достижении в баллоне давления  $p_1 = 70,01$  МПа подвод водорода прекращается, что соответствует излому на кривых 1, 2, 5-7. При этом охлаждение водорода в баллоне приводит к уменьшению давления и при значении  $p_2 = 69,95$  МПа подвод водорода восстанавливается. В силу малой разности  $\Delta p = p_1 - p_2$  последующее изменение давления водорода представлено на рис. 2, 3 горизонтальной линией. Для достижения в баллоне массы водорода, равной 1,98 кг (т.е. с отличием на один процент от расчётной), при данном режиме заполнения необходимо 400 с.



**РИС. 2**

Зависимости от времени  $t$  температуры водорода в баллоне, средних температур воды в змеевике и армирующего слоя, температуры внешней поверхности этого слоя (кривые 1-4 соответственно), массы и давления водорода в баллоне (кривые 5 и 6 соответственно), коэффициента теплообмена в баллоне (кривая 7)



**РИС. 3**

Результаты расчёта процесса заполнения рассматриваемого баллона при  $p_2 = 69$  МПа и прежних значениях остальных параметров. Обозначения идентичны рис. 2

Настройка клапана высокого давления при малой разности  $\Delta p$  по сравнению с давлением  $p_1$  связана с повышением требований к конструкции клапана. На рис. 3 представлены результаты расчёта процесса заполнения рассматриваемого баллона при  $p_2 = 69$  МПа и прежних значениях остальных параметров. Видно, что в этом случае для достижения значения массы водорода 1,98 кг требуется увеличить время заправки баллона. Положительный фактор в этом случае состоит в уменьшенных значениях температуры и давления водорода в баллоне при окончании заправки, что создаёт некоторый резерв, если эксплуатация баллона предстоит при более высокой температуре окружающей среды по сравнению с принятым выше значением  $T_b = 293$  К.

## Заключение

Разработанная математическая модель теплового режима металлокомпозитного баллона типа 3 с установкой в его полости змеевика с охлаждающей водой позволила расчётным путём оценить время заполнения баллона газообразным водородом до достижения давления 70 МПа при плотности водорода, близкой к значению 40 кг/м<sup>3</sup> при температуре 293 К. Это время несколько превышает период, регламентированный протоколами заправки водородом [9], но благодаря интенсивному теплоотводу внутри баллона и существенному охлаждению водорода даёт возможность повысить его массу в баллоне при заправке. Кроме того, при наличии теплоотвода непосредственно в заправляемом баллоне отпадает необходимость в предварительном охлаждении водорода на заправочной станции и в наличии достаточно сложной системы регулирования давления водорода в диспенсере заправочной колонки.

## Использованные источники

1. Козлов С.И., Фатеев В.Н. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы / Под ред. Е.П. Велихова. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.
2. Зарубин В.С., Осадчий Я.Г. Численное моделирование теплового режима металлокомпозитного баллона при заполнении водородом // Транспорт на альтернативном топливе. – 2021. – № 2 (80). – С. 54-62.
3. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. – М.: Изд. дом МЭИ, 2016. – 496 с.
4. Woodfield P.L., Monde M., Takano T. Heat transfer characteristics for practical hydrogen pressure vessels being filled at high pressure // Journal of Thermal Science and Technology. – 2008. – Vol. 3, no 2. – P. 241-253.
5. Galassi M.C., Papanikolaou E., Heitsch M., Baraldi D., Iborra B.A., Moretto P. Validation OF CFD Mjdsels for Hydrogen Fast Filling Simulations // International Journal Hydrogen Energy. – 2014. – Vol. 39, no 11. – P. 6252-660.
6. Jacobsen R.T., Leachman J.W., Penoncello S.G., Lemmon E.W. Current Status of Thermodynamic Properties of Hydrogen // Int J. Thermophys. – 2007. – Vol. 28. – P. 758-772. DOI 10.1007/s10765-007-0226-7.
7. Leachman J.W., Jacobsen R.T., Penoncello S.G., Lemmon E.W. Fundamental Equations of State for Parahydrogen, Normal Hydrogen, and Orthohydrogen // Journal of Physical and Chemical Reference Data. – 2009. – Vol. 38, no 3. – P. 721-748.
8. Электронный ресурс <https://avtonov.info/standarty-zapravki-vodorodom/Стандарты заправки водородом>. Дата обращения 22.04.2021.
9. Электронный ресурс <https://saemobilus.sae.org/content/j2601-201407/Протоколы заправки транспортных средств газообразным водородом>. Дата обращения 22.04.2021.
10. Simonovski I., Baraldi D., Melideo D., Acosta-Iborra B. Thermal simulations of a hydrogen storage tank during fast filling // International Journal of Hydrogen Energy. – 2015. – Vol. 40. – P. 12560-12571.
11. Bourgeois T., Brachmann T., Barth F., Ammouri F., Baraldi D., Melide D., Acosta-Iborra B., Zaepffel D., Saury D., Lemonnier D. Optimization of hydrogen vehicle refueling requirements // International Journal of Hydrogen Energy. – 2017. – Vol. 42. – P. 13789-13809.
12. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 462 с.
13. Кутателадзе С.С., Боришанский В.М. Справочник по теплопередаче. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 414 с.
14. Патент RU 2707781 C1 (Опубликовано: 29.11.2019 Бюл. № 34) Гибридный композиционный материал для оболочечных конструкций высокого давления.



# Методы диагностики и управления техническим состоянием основного оборудования АГНКС

## Контроль и методы снижения вибрации компрессорных установок

**А.А. Евстифеев,**

зам. начальника Центра технологий СПГ и газомоторного топлива  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», доцент НИЯУ «МИФИ», к.т.н.

Одним из наиболее востребованных направлений развития современных автомобильных заправочных станций является переход к безлюдным технологиям. Для обеспечения заданного уровня надёжности и энергетической эффективности производственного процесса на автомобильных газонаполнительных заправочных станциях необходимо обеспечить переход к эксплуатации по фактическому техническому состоянию. Вибродиагностические исследования являются одним из наиболее показательных методов исследования фактического технического состояния компрессорного оборудования станции. В работе проведён анализ причин возникновения вибрации основного производственного оборудования станции и дана их классификация. Проанализированы допустимые нормы вибрации. Представлены методы снижения вибрации и выполнен анализ результатов диагностических исследований при износе зубчатых колёс редуктора компрессорной установки, а также влияния изменения нагрузки на уровень вибрации. В заключение даны выводы и рекомендации по необходимым мероприятиям и способам обеспечения эволюционного перехода к станциям нового поколения на основе безлюдных технологий и искусственного интеллекта.

### Анализ причин вибрации компрессорных установок

В промышленности существует тенденция к увеличению мощности машин и технологического оборудования при одновременном уменьшении массы и габаритов техники (на единицу продукции). Уменьшение массы оборудования приводит зачастую к снижению жёсткости конструкций, что обуславливает вибрацию машин. Этому же способствует увеличение быстроходности оборудования, в первую очередь компрессоров и насосов.

В результате возвратно-поступательного движения поршня в трубопроводе поршневого нагнетательной установки возникает пульсирующий

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, компрессорное оборудование, диагностика технического состояния, компримированный природный газ, надёжность оборудования, энергетическая эффективность производственных процессов.

поток газа. Основная частота его пульсации определяется скоростью вращения вала машины, типом и числом цилиндров, работающих одновременно на один общий трубопровод. При взаимодействии клапанов компрессора с пульсирующим потоком в нём возникают более высокие гармонические составляющие частоты пульсации.

Сама по себе энергия пульсации не может вызвать интенсивной вибрации, но в рамках механической системы она служит источником силы, вызывающей вибрацию. На длинном прямолинейном участке трубопровода пульсации давления газа распределяются равномерно по периметру трубы, поэтому там не могут возникнуть значительные силы, способные возбудить колебания трубопроводов. Такие колебания возможны лишь при условии резонанса, когда даже небольшие продольные усилия, вызванные местными сопротивлениями, например, шероховатостью, овальностью или изменением поперечного сечения трубы, могут возбудить значительные поперечные колебания трубопровода.

Процесс распространения волн давления в трубопроводах аналогичен распространению плоских акустических волн, поэтому вынуждающая сила может появиться в основном на участке с изменением сечения трубопровода, отводами или технологическими аппаратами. Источниками вибрации являются арматура, переходные патрубки, диафрагмы и другие сопротивления, изменяющие эффективную площадь сечения трубопровода. Пульсирующий поток газа, проходя через отвод (поворот), создаёт динамическую силу, обусловленную разностью внешней и внутренней площадей отвода и вызывающую его вибрацию.

Величина динамической силы определяется скоростью движущегося потока газа и изменением направления движения. Поскольку скорость потока газа из цилиндров компрессора меняется периодически, в трубопроводе соответственно возникают периодические реактивные силы от изменения направления движения газа. Частота этих сил является функцией частоты работы компрессора.

Реактивное давление в трубопроводе, возникающее вследствие изменения направления потока газа, определяют по формуле

$$R = \frac{Q\rho v}{g} \sqrt{2(1 - \cos \beta)}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход газа, м<sup>3</sup>/с;  $\rho$  – плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость газового потока, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\beta$  – угол отклонения потока, град.

Из формулы (1) видно, что в наиболее неблагоприятных условиях находятся участки трубопроводов с большими углами поворотов, в то время как плавное изменение направления потока не вызывает значительных вибраций. Например, при диаметре трубопровода 60 мм, давлении 5 МПа и неравномерности давления, равной 12 %, на участке трубопровода с углом поворота 90° усилие от пульсирующего потока достигает 5 кН.

Источником вибрации являются также линии трубопровода, закрытые с обоих концов (коллекторы всасывания и нагнетания, закрытые ёмкости, аппараты и т.д.). Фаза вектора силы у одного конца подобного объекта может совпадать или не совпадать с фазой вектора силы

---

на противоположном конце. Результирующая сила совпадающих по фазе векторов силы вызывает периодическое увеличение напряжения в теле аппарата, коллектора. Результирующая сила не совпадающих по фазе сил вызывает вибрацию объекта и присоединённого к нему трубопровода.

Наиболее интенсивная вибрация возникает при совпадении собственной частоты колебаний механической системы с частотой одной из гармонических составляющих пульсаций давления. Поэтому ещё на стадии проектирования нагнетательных установок одним из важнейших факторов является определение и исключение возможного резонанса.

Вибрация трубопроводов может привести к разбалтыванию соединений, разрушению изоляционных покрытий, усталостному разрушению трубопровода и к авариям с тяжёлыми последствиями. Особенно опасны вибрации при сжатии токсичных и взрывоопасных газов. Правилами безопасной эксплуатации компрессоров и техническими условиями на их ремонт предусмотрен периодический контроль колебаний, сопоставление их с допустимыми нормами и устранение повышенных вибраций.

Кроме основного источника вибраций, пульсирующего потока газа или жидкости, существуют и другие причины высоких колебаний: гидродинамические, механические и электромагнитные.

**Гидродинамическими источниками вибраций** центробежных насосов могут быть неоднородность потока на выходе из колеса, вихреобразование в проточной части, кавитация. Анализируя течение реальной жидкости в центробежном насосе, можно назвать два основных источника возмущений, вызывающих вибрацию насоса. Первым источником являются нестационарные гидродинамические силы на лопатках направляющего аппарата и колеса насоса, возникающие вследствие потенциального взаимодействия решёток. Анализ этих сил показывает, что на направляющем аппарате они на порядок выше, чем на рабочем колесе, и их амплитуды достигают 30 % от среднего значения. Вторым источником вибрации являются пульсации давления жидкости в насосе, имеющие характер звуковых колебаний. Пульсации давления возникают, во-первых, при пересечении лопатками направляющего аппарата вязких слоёв за лопатками колеса, при отрыве вихрей, при обтекании элементов проточной части, а во-вторых – при кавитации.

В первом случае амплитуды и спектр частот пульсаций давления зависят от числа оборотов насоса, а также от числа лопаток колеса и направляющего аппарата. При кавитации наблюдаются более высокие частоты пульсаций, однако хаотическое захлопывание кавитационных пузырей, сопровождаемое излучением волн давления, создаёт широкий спектр возмущающих сил.

**Механическим источником вибраций**, в основном, служит неуравновешенность вращающихся деталей машин. Неуравновешенность от неравномерного распределения масс по окружности сечения вращающихся тел может возникнуть после ремонта роторов электродвигателей и коленчатых валов компрессорных установок. Неуравновешенность от смещения главной центральной оси инерции коленчатого вала относительно его оси вращения может возникнуть после проточки шеек, при ослаблении посадки деталей на валах, неправильном

подборе противовесов, изгибе валов и других неполадках.

К механическим причинам, вызывающим вибрации, следует отнести также ударные нагрузки при перекладке зазоров в механизме движения и нарушении смазки в подшипниках. Этому же способствуют ослабление посадки вкладышей в расточках подшипников, а также отрыв фундаментных рам вследствие некачественной подливки рамы или разрушения подливки при эксплуатации.

**Электромагнитными источниками вибрации** являются витковые замыкания в роторах, неравномерность воздушного зазора между статором и ротором, колебания сердечника статора и др.

Пульсирующий поток газа или жидкости обуславливает ухудшение показателей эксплуатации поршневой машины: снижение производительности и повышенный расход энергии на сжатие. Низкочастотные гармонические составляющие пульсирующего потока вызывают изменение нагрузок на шатунно-кривошипный механизм поршневой машины, а высокочастотные – усиленный стук и ускоренное разрушение клапанов и других узлов и деталей. Таким образом, наряду со снижением экономичности при пульсации потока газа снижается надёжность эксплуатации машин и возрастает вероятность аварийного разрушения трубопроводов и их опор, а также разгерметизации фланцевых соединений. Всё это существенно увеличивает эксплуатационные расходы и снижает производительность технологических установок.

## Допустимые нормы колебаний

Исследования причин отказов компрессорного оборудования и многолетний опыт его эксплуатации на станциях ПАО «Газпром» позволил сформировать для всех 35 видов компрессорных установок, устанавливаемых и эксплуатируемых в настоящее время на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), таблицы допустимых уровней интенсивности вибрации: для оснований фундаментов и опорных конструкций; для трубопроводов и технологических аппаратов; для компрессоров и электроприводов.

Оперативные замеры интенсивности вибрации позволяют давать оценку вибрационного состояния оборудования АГНКС и предложения по устранению обнаруженных дефектов и недостатков. Также это позволяет информировать персонал, эксплуатирующий станцию, о результатах оценки, качестве эксплуатации, возможностях повышения уровня эксплуатационной надёжности и источниках приближающихся отказов. Наличие данной информации позволяет сформировать планы ремонта и своевременно организовать закупку запасных частей.

При переходе показателей измерений вибрации в зону превышения допустимых значений (зона «требуется принятия мер») формируется информационное сообщение о предполагаемых причинах повышенных вибраций и необходимых мероприятиях по их устранению. После перехода в зону недопустимых значений измеряемых параметров вибрации, наряду с информационным сообщением, в системе автоматического управления станции формируется код ошибки, запрещающий дальнейшую эксплуатацию оборудования, подверженного недопустимой вибрации, до внедрения средств вибрационной защиты

---

и проведения инструментального обследования.

Для компрессоров станций предельно допустимые уровни вибрации при частоте вращения вала  $1500 \text{ мин}^{-1}$  составляют  $0,06 \text{ мм}$ .

## Методы снижения колебаний

Основной метод снижения пульсации газа состоит в выполнении трубопроводной системы таким образом, чтобы исключить в ней явление резонанса, то есть соответствующим образом выбрать её длину и форму. Применение гасителей пульсации давления в качестве средств воздействия на пульсирующий поток позволяет, с одной стороны, упростить расчётную схему, а с другой – избежать технических трудностей при реализации оптимальной трубопроводной схемы.

Важной характеристикой гасителя является частота, на которой происходит сглаживание пульсации давления гасителя. Пульсации давления в трубопроводах поршневых компрессоров являются низкочастотными, так как область рабочих частот компрессорных машин, включая пятую гармонику спектра колебаний, генерируемых компрессором, не превышает  $200 \text{ Гц}$ .

Каждый гаситель пульсации представляет собой комплексную конструкцию, состоящую из камер, соединительных трубок, перегородок и отверстий различной формы и размеров. Характеризовать гаситель по конструктивным элементам нецелесообразно, так как геометрически подобные гасители иногда оказывают различное воздействие на пульсирующий поток.

Гаситель пульсации, как всякое другое неоднородное включение в трубопроводную систему, представляет собой определённое сопротивление на пути движения газового потока. Это сопротивление состоит из активной и реактивной частей. Активная часть полного сопротивления характеризует потери энергии газового потока на преодоление сил трения, а реактивная часть – перераспределение колебательной энергии гармонических составляющих в спектре колебаний давления.

При прохождении газового потока через активное сопротивление часть энергии газа превращается в теплоту, что обусловлено вязкостью газа. На прямолинейных участках потери на трение определяются трением между слоями движущегося газа и о стенки труб. В общем случае эти потери относительно невелики. Однако если на пути газа встречаются перегородки, узкие трубки, щели, то при турбулентном характере потока наличие этих элементов вызывает образование зон вихревого движения с высокой скоростью колебаний части газа, вследствие чего резко увеличивается потеря энергии на трение. Естественно, что установка любого гасителя пульсации давления сопровождается некоторым увеличением гидравлических потерь в трубопроводной системе, однако они в большинстве случаев компенсируются за счёт уменьшения затрат мощности компрессора при сглаживании колебаний газа.

При турбулентном характере потока образуются зоны вращательного движения газа, появляется дополнительное упруго-инерционное воздействие на газовый поток, которое и характеризует реактивную часть полного сопротивления. Гасители, реактивная часть сопротивления которых мала по сравнению с активной, можно считать чисто

активными, и, наоборот, гасители, активная часть сопротивления которых мала по сравнению с реактивной – чисто реактивными.

Таким образом, по принципу работы все гасители пульсации условно можно разделить на четыре класса: активные, реактивные, комбинированные и специальные.

Каждый из перечисленных существующих гасителей может быть лишь условно отнесён к тому или иному типу, поскольку представляет собой сложную конструкцию как в отношении формы, размеров, числа и взаимного расположения геометрических элементов, так и по принципу работы.

## Диагностика технического состояния

Одной из задач теории надёжности является разработка методов прогнозирования поломок машин. Эти методы основаны на использовании теории вероятностей и методов статистики. Использование теории вероятностей позволяет отвлечься от рассмотрения большого числа факторов, определяющих продолжительность исправного функционирования данного конкретного устройства и характер его очередной поломки. В то же время статистические методы существенно ограничивают область применения результатов теории надёжности при решении практических задач. Ни один показатель надёжности, устанавливаемый теорией, не содержит каких-либо указаний о моменте поломки той или иной машины, то есть по существу они не характеризуют надёжность конкретного устройства. Показатели надёжности, являющиеся усреднёнными величинами, полученными в результате обработки данных о поломках определённой совокупности машин, характеризуют всю совокупность, и применение их для оценки надёжности единичного экземпляра не имеет смысла.

В связи с этим одной из важнейших задач эксплуатации компрессорных установок в условиях растущих требований к повышению надёжности, эффективности и ресурса агрегатов становится диагностика их технического состояния. Под диагностикой технического состояния агрегатов следует понимать совокупность методов и средств контроля возникающих в процессе эксплуатации нарушений, вызывающих снижение работоспособности агрегата, а также анализ причин нарушений и своевременное предотвращение их.

Для того, чтобы более чётко определить область, охватываемую технической диагностикой, рассмотрим три типа задач по определению технического состояния объектов.

К первому типу относятся задачи определения технического состояния объекта проверки в настоящий момент времени. Ко второму типу относятся задачи по предсказанию технического состояния, в котором будет находиться объект в некоторый момент времени в будущем. Наконец, к третьему типу относятся задачи определения технического состояния, в котором объект проверки находился в некоторый момент времени в прошлом.

Задачи первого типа формально следует отнести к технической диагностике, а второго типа – к техническому прогнозированию. Тогда отрасль знания, которая должна заниматься решением задач

---

третьего типа, естественно назвать технической генетикой.

Задачи технической генетики возникают, например, в связи с расследованием аварий и их причин, когда настоящее (доступное проверке) техническое состояние объекта отличается от состояния, в которое он перешёл в результате появления первоначальной причины, вызвавшей аварию. Эти задачи решаются путём определения возможных или вероятных предысторий, приводящих к настоящему техническому состоянию объекта проверки.

К задачам технического прогнозирования относятся, например, задачи, связанные с определением срока службы объекта проверки или с указанием периодичности его профилактических проверок и ремонтов. Эти задачи решаются путём определения возможных или вероятных эволюций объекта проверки, начинающихся с его текущего технического состояния.

Таким образом, знание текущего технического состояния объекта проверки является обязательным как для генеза, так и для прогноза. Поэтому техническая диагностика представляет собой основу и технической генетики, и технической прогностики, и естественно, что последние развиваются в тесной связи с первой.

Системы диагностики различаются уровнем получаемой информации о механизме. Существуют простые приборы сигнализации, реагирующие на ухудшение определённого параметра механизма по сравнению с допустимыми нормами. Вместе с тем существуют диагностические системы высокой сложности, включающие специализированные компьютерные устройства.

В зависимости от решаемой задачи выделяют следующие классы диагностических систем:

**1. Системы для разбраковки механизмов.** С их помощью различают только два класса возможных состояний механизма – «исправное» и «неисправное». При кажущейся простоте постановки задачи системы диагностики этого вида могут быть весьма сложными. Степень их сложности зависит от того, какой параметр механизма используется для принятия диагностического решения. Система будет простой, если в качестве такого параметра взят один из критериев эффективности механизма (мощность двигателя, удельный расход энергии, уровень шума или КПД). Система будет на много порядков сложнее, если за параметр оценки механизма принята его надёжность, так как для её оценки нужно знать состояние всех элементов.

**2. Системы для аттестации механизмов.** При этом решается более общая задача диагностики: по принятому от механизма сигналу нужно определить класс, к которому относится состояние обследуемого механизма. Возможные состояния разбиваются на классы предварительно, в зависимости от требуемой точности диагноза. Как и в предыдущем случае, сложность подобных систем зависит от того, входит ли в число признаков классификации состояний механизма его надёжность. При аттестации механизмов по их надёжности требуется определение состояния всех элементов механизма.

**3. Системы для измерения скрытых параметров без его разборки.** Задача таких систем заключается в определении вектора параметров  $\dot{x} \in \mathcal{R}^n$ , принятых для описания состояния механизма,

по значениям измеряемых сигналов  $\dot{s} \in \mathbb{R}^q$ . Эта задача представляет собой самую общую задачу диагноза, к которой можно свести любую другую из указанных. Система диагностики, предназначенная для решения этой задачи, может быть использована и для решения всех других частных задач.

**4. Системы прогнозирования состояния механизма.** По известным состояниям механизма в предшествующие моменты времени и по его текущему состоянию система диагностики должна определить состояние, в которое перейдет механизм после  $t$  часов работы. Именно такая система диагностики представляет интерес для объектов газовой промышленности, в частности для компрессорного оборудования. Она позволит контролировать состояние агрегатов без их остановки и разборки. Задачами такой диагностики являются:

- определение работоспособности агрегатов; установление признаков неисправностей и их обнаружение; прогнозирование состояния агрегатов;
- разработка технических средств для определения работоспособности, обнаружения неисправности и прогнозирования состояния агрегатов;
- разработка рекомендаций, которые следует учитывать при проектировании новых агрегатов для облегчения их диагностики;
- разработка оптимального комплекса мероприятий для реализации результатов диагностики с целью поддержания работоспособности агрегатов.

Работы по проверке технического состояния удобно разделить на четыре следующие группы:

- исследование объектов проверки;
- описание теории, методов и алгоритмов построения программ проверки;
- разработка способов и средств проверки;
- исследование свойств и характеристик систем в целом.

Одним из определяющих показателей технического состояния компрессоров и насосов является производительность, в зависимости от неё должны объективно определяться целесообразность и объём проведения восстановительного ремонта. Другим определяющим показателем технического состояния является надёжность. Надёжность постоянно меняется – либо постепенно, что определяется процессом естественного износа, либо скачкообразно, что связано с внезапными (случайные) повреждениями элементов, исключаящими, как правило, дальнейшую возможность эксплуатации агрегата без вскрытия причины и проведения восстановительного ремонта. Число параметров, определяющих техническое состояние или остаточный ресурс машины, бесконечно, но среди них есть основные, которыми необходимо оперировать при проведении технической диагностики.

При выборе методов прогнозирования необходимо учитывать количество и качество информации, а также характер реального процесса изменения параметров состояния техники. Для решения задач в области диагностики оборудования следует использовать простые и достаточно точные методы прогнозирования. Они должны быть универсальными, пригодными для оценки состояния любых деталей и узлов машины.

---

Среди множества методов технической диагностики (термическая индикация, рентгенография, виброакустическая диагностика, радиоволновая, диагностика по спектральному анализу масла и газов, радиоактивных изотопов, по угару масла и др.) в тепловых двигателях, к которым принадлежат и компрессоры, в первую очередь нашли применение виброакустическая диагностика и диагностика по спектральному анализу масла и наличию в нём металлических частиц.

Выбор вибрационных явлений в качестве источников информации о техническом состоянии машин обусловлен следующими причинами:

- вибрации отражают наиболее существенные физические процессы, происходящие внутри машин, такие как деформация и напряжение в деталях;
- вибрация машины свидетельствует о процессах взаимодействия деталей, причём её параметры характеризуют как общие свойства машины, так и свойства отдельных узлов;
- вибрация обладает широким спектром частот, значительной скоростью распространения и в качестве носителя информации – большой ёмкостью;
- вибрация может регистрироваться в естественных условиях работы машины.

Постановка диагноза заключается в распознавании сигнала, излучаемого обследуемой машиной. Основная трудность состоит в борьбе с помехами, искажающими сигнал и затрудняющими его расшифровку.

Внедрение виброакустической диагностики требует решения следующих вопросов:

- установления зависимости между техническим состоянием машины и акустическими сигналами;
- определения влияния рабочих нагрузок и ряда случайных факторов на параметры акустического сигнала;
- изучения акустического образа машины в каждом конкретном случае;
- создания приборов и устройств для проведения акустических диагнозов технического состояния машины.

В настоящее время опыт диагностики технического состояния компрессоров, насосов и отдельных их узлов ещё недостаточен для конкретных рекомендаций, поэтому в качестве примеров рассмотрим результаты выполненных работ.

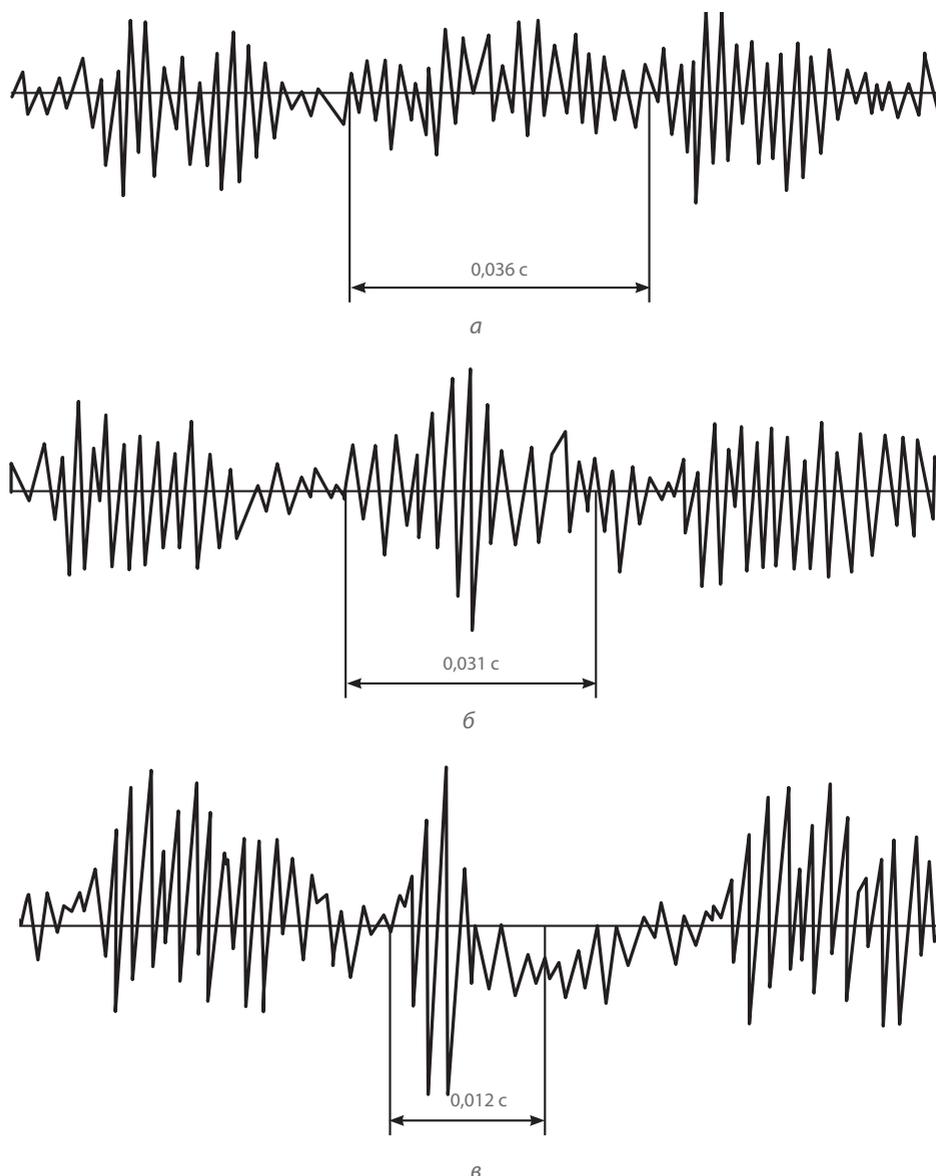
Исследование изменений виброакустического сигнала вследствие износа зубчатых колёс в редукторе показало, что длительность импульса, характеризующего зацепление зубьев, с увеличением износа уменьшается (рис. 1). При износе зубьев уменьшаются их геометрические размеры, что приводит к увеличению зазоров между зубьями и появлению в зацеплении ударной нагрузки. Следовательно, износ и разрушение зубчатых колёс можно контролировать, измеряя параметры виброакустических импульсов.

Общее представление о виброакустическом сигнале механизма движения компрессора даёт рис. 2. Сигнал представляет собой последовательность импульсов, расположенных в определённом порядке (по осям измерений  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ), при изменении внешних условий, например, давления нагнетания. Каждый импульс порождён соударением

РИС. 1

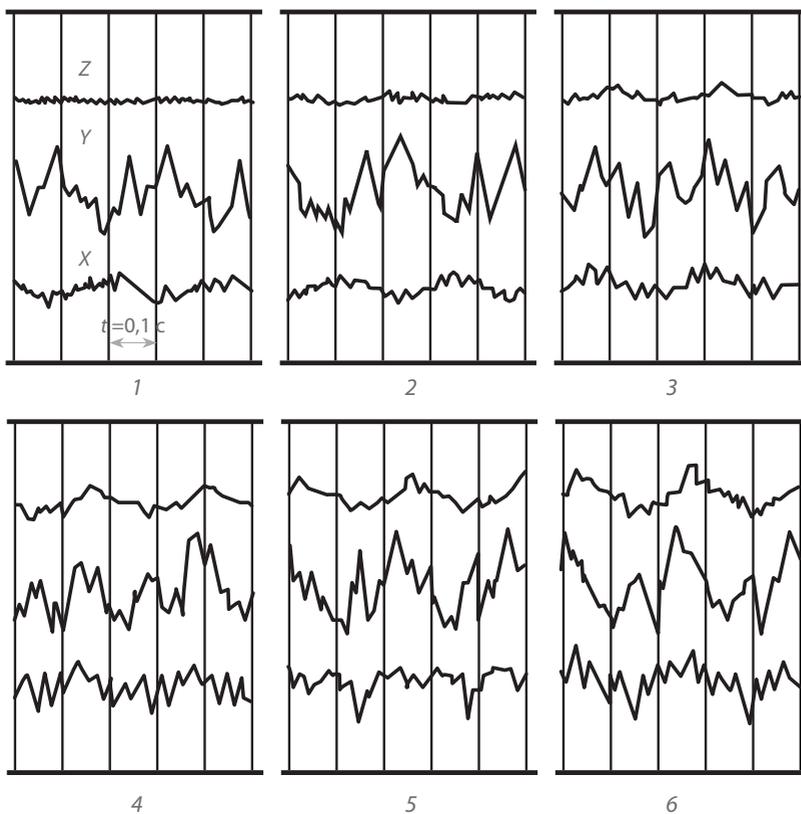
Осциллограммы измерения виброакустического сигнала при износе зубчатых колёс редуктора компрессорной установки:

- а – новые зубья;
- б – износ 0,15 мм;
- в – износ 0,24 мм



деталей в кинематических парах механизма движения, а высокочастотные колебания соответствуют собственным резонансным частотам. Важным параметром импульса является его положение на осциллограмме относительно опорной метки (верхней мёртвой точки положения поршня), которой задаётся начало времени отсчёта. С изменением внешней нагрузки, зазоров в механизме движения, состояния узлов и деталей изменяются и виброакустические характеристики машины.

Из рис. 2 видно, что с увеличением нагрузки на механизм движения увеличиваются колебания по всем трём осям измерений, кроме того, изменяется и характер колебаний. Хотя виброакустический сигнал механизма имеет довольно сложную структуру, однако даже простой визуальный анализ (не говоря уже об измерении амплитуд и положения импульсов) требует значительной затраты времени. Данное обстоятельство приводит к необходимости применения программно-технических средств расшифровки сигналов и выработки управляющих воздействий. Также следует иметь в виду, что каждый импульс, видимый на осциллограмме, в действительности представляет собой совокупность импульсов, порождённых несколькими кинематическими парами (или узлами).



**РИС. 2**

Осциллограммы изменения параметров вибрации по осям с ростом нагрузки: 1-6 – соответствуют давлению нагнетателя 9; 11; 13; 15; 17; 19 МПа

## Заключение

Работы по внедрению средств виброакустического, термического и опτικο-графического методов оперативной диагностики технического состояния компрессорного оборудования АГНКС не достигли современного уровня развития по программному, приборному и методическому обеспечению. Ограниченность финансовых и временных ресурсов компаний, производящих компрессорное оборудование, низкая надёжность современных датчиков, необходимость расширения программы мероприятий технического обслуживания, а следовательно увеличение стоимости эксплуатации станции приводят к отставанию средств управления станциями, снижению эффективности производственных процессов и сервисного обслуживания, что не позволяет переводить АГНКС в автоматический режим работы.

Тем не менее, накопленный опыт при проведении виброобследований оборудования и ремонтных работ позволяет специалистам, выполняющим виброизмерения, с большой вероятностью делать достоверные заключения о техническом состоянии оборудования. Кроме того, следует учитывать, что большинство эксплуатируемых в России АГНКС были спроектированы с использованием конструкции компрессорного оборудования, изначально непредназначенной для вибродиагностирования. Сложилась ситуация, при которой отдельное оборудование или его узлы удобнее и правильнее диагностировать различными методами, в том числе параметрическими, тепловыми и другими. Данная ситуация может быть изменена при внедрении на стадии проектирования компрессорного оборудования обязательных требований по оснащению установок средствами вибрационного, термического и спектрографического контроля.



# Альтернативные виды топлив для устойчивого развития транспортного сектора

## Часть 1. Газомоторное топливо

**И.В. Пискунов,**  
соискатель, РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, к.т.н.,

**О.Ф. Глаголева,**  
профессор кафедры технологии  
переработки нефти РГУ нефти и газа  
(НИУ) имени И.М. Губкина, д.т.н.,

**И.А. Голубева,**  
профессор кафедры газохимии РГУ  
нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,  
академик РАЕН, д.х.н.

Представлен краткий обзор текущих трендов развития альтернативных видов топлива. В первой части обзора основной акцент сделан на газомоторном топливе: сжиженных углеводородных газах, компримированном и сжиженном природном газе (СУГ, КПП и СПГ). Показаны основные особенности указанных топлив, базирующиеся прежде всего на высокой экологичности и экономической эффективности их использования. Рассмотрены некоторые перспективы дальнейшего развития газомоторных топлив.

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

альтернативные виды топлив, газомоторное топливо, сжиженный газ, СУГ, КПП, СПГ.

## Введение

Постепенное истощение запасов традиционных горючих ископаемых и глобальные климатические проблемы приводят к тому, что альтернативные топлива и источники энергии становятся всё более привычными в нашей жизни. По результатам 2019 года, доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в производстве электроэнергии превысила 34 %, хотя ещё 10-20 лет назад для многих это представлялось фантастикой.

К настоящему времени около 200 стран присоединились к Парижскому соглашению, предусматривающему сдерживание подъёма средней температуры в мире на уровне 1,5...2 °С. Евросоюз и ещё более 65 стран взяли на себя обязательство по прекращению выделения диоксида углерода в атмосферу к 2050 году. В этом списке уже более 1500 компаний [1]. Глобальные нефтегазовые компании внедряют программы декарбонизации, основанные на повышении энергоэффективности, развитии ВИЭ, улавливании углекислого газа и других подходах [2]. Гибридные авто, электромобили и даже водородные автомобили всё чаще можно увидеть на улицах городов [3]. Например, в 2020 году в ЕС было куплено более 1 млн ед. электромобилей.

Ключевыми факторами таких изменений стали необходимость устойчивого развития энергетики, промышленности и транспорта, а также потребность в защите окружающей среды, которая теперь активно поддерживается на государственном уровне через экономические

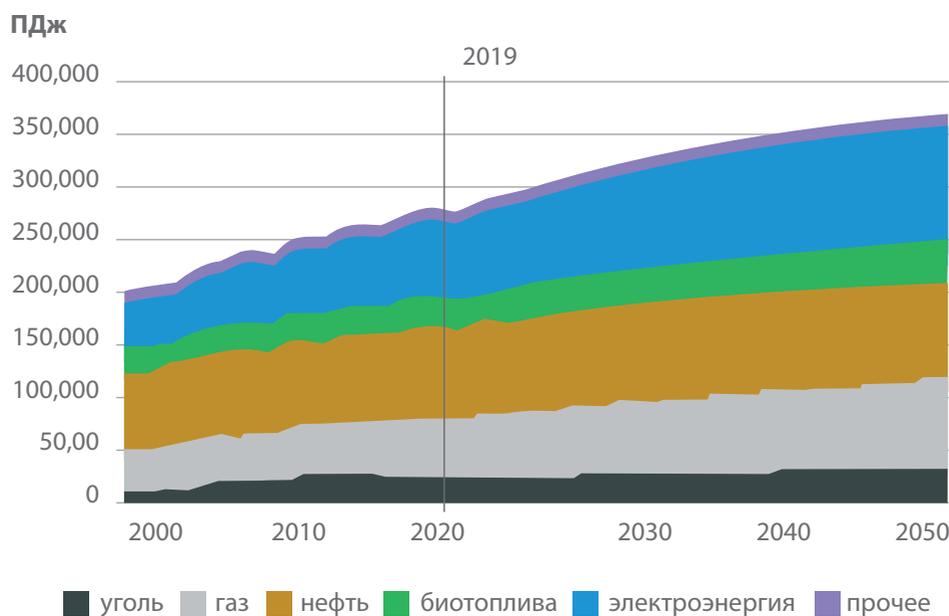


РИС. 1

Динамика мирового энергопотребления [5]<sup>1</sup>

стимулы (например, введение углеродного налога, субсидирование развития ВИЭ и ограничение инвестиций в устаревшие технологии).

При этом рост энергопотребления продолжается – за последние 50 лет в 3,7 раза [4]. Нефтяное топливо в ближайшей перспективе остаётся одним из основных энергоносителей (рис. 1).

Однако в соответствии с текущими прогнозами, человечество приближается к пику потребления нефти (по оценкам [6], к 2025-2030 гг.), следом за которым в ближайшие десятилетия придёт «эра природного газа», и далее в рамках 4-го энергетического перехода ожидается «эра водорода». Переход к альтернативным источникам влечёт за собой кардинальную модернизацию всей инфраструктуры – потребуются колоссальные инвестиции и трудозатраты. Но многим уже очевидно, что без развития новых технологий лидерские позиции на рынке энергоносителей могут быть потеряны навсегда. В ближайшие 30 лет для перехода к зелёной энергетике потребуются более 14 трлн долл. США вложений.

Кроме вопросов экологии, есть и повышенные требования к гибкости энергообеспечения, экономичности и удобству использования, а также к безопасности топлив.

С учётом существующих сырьевых источников, технологий и конструкций двигателей в настоящее время используются следующие виды топлив: нефтяные жидкие топлива (автомобильный бензин, дизельное топливо, авиакеросин, судовое топливо, топочный мазут); газомоторное топливо (сжиженные углеводородные газы – СУГ, компримированный и сжиженный природный газ – КППГ и СППГ соответственно); водород и его носители (например, аммиак); спирты (этанол, метанол и др.) и их смеси с жидкими нефтяными топливами; синтетические жидкие топлива; эфиры (например, диметиловый эфир); различные виды биотоплив (рапсовое масло и его метиловый эфир, биогаз) и др.

Основные характеристики топлив, которые рассматриваются в данной статье, представлены в табл. 1.

<sup>1</sup> ПДж = ПетаДж = 10<sup>15</sup> Дж

**ТАБЛИЦА 1**

Сравнение основных видов жидких и газомоторных топлив [7, 8]

Параметр	Автомобильный бензин	Дизельное топливо	СУГ	КПГ	СПГ
Химическая формула	–	$C_{16,2}H_{28,5}$ (средняя)	$C_3H_8 + C_4H_{10}$	$CH_4+$	$CH_4$
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	745	830	0,56	419	416
Теплота сгорания, МДж/кг	43,6	42,5	46,5	50,3	50,3
Температура самовоспламенения	257	250	487	540	540
Температура застывания, °С	–72	–35 (з)	–	–	–
Взрывоопасная концентрация, %	0,75...5,2	2...3	2,3...9,5	5...15	5...15
Содержание серы, ppm	10	10	50	0	0
Октановое число (ИОЧ)	92...95	–	102...112	110...125	110...125

## Традиционные углеводородные топлива

С учётом большинства критериев основное преимущество в наши дни остаётся за жидкими углеводородными топливами (автомобильным бензином и дизельным топливом). Они различаются по эксплуатационным характеристикам и областям применения, определяемым прежде всего конструкционными особенностями двигателей. Традиционные подходы к модернизации нефтеперерабатывающих предприятий направлены прежде всего на увеличение выхода ценных топлив за счёт углубления переработки нефтяного сырья, а также на повышение их качества путём внедрения облагораживающих процессов.

Производство автомобильного бензина и дизельного топлива по итогам 2020 года в России составило 38,4 и 78,0 млн т соответственно. При этом уже сейчас выработка нефтепродуктов в РФ превышает внутренний спрос – например, более 40 млн т дизельного топлива в год экспортируются за границу. При условии возможного введения трансграничного углеродного налога это может стать существенным вызовом для экономики РФ.

В соответствии с принятой 14.07.2021 г. программой по борьбе с изменением климата, в Евросоюзе запланировано к 2035 году достичь 100%-го снижения выбросов для новых автомобилей и фургонов, то есть будет введён запрет на продажу новых транспортных средств с бензиновыми или дизельными двигателями [9].

## Сжиженные углеводородные газы

Многие нефте- и газоперерабатывающие предприятия, кроме традиционных топлив, выпускают также ассортимент сжиженных углеводородных газов: СУГ, СНГ, ПБТ (LPG), которые представляют собой смесь лёгких углеводородов. Объём их производства существенно ниже жидких топлив (в РФ около 17 млн т/год, в мире – 300 млн т/год),

---

однако за счёт более низкой цены эти продукты широко востребованы в качестве газомоторного топлива. Для хранения в сжиженном состоянии СУГ сжимают до давления 1,6 МПа.

Если это изначально не предусмотрено автопроизводителем, перевод автомобиля на СУГ проводится путём установки дополнительного газобаллонного оборудования (ГБО) для хранения и подачи сжиженного газа. Это позволяет существенно снизить затраты автомобилистов на топливо, а с дополнительными государственными субсидиями такое оборудование может окупиться менее чем за год. В среднем СУГ дешевле автобензина на 30...50 %, однако в последнее время в РФ наблюдается их удорожание, в том числе за счёт повышения переработки на предприятиях нефтехимии [10, 11].

***Основные преимущества СУГ (по сравнению с бензином) [8]:***

- экономия затрат на топливо (в среднем до 30 %);
- снижение выбросов в атмосферу: парниковых газов – CO<sub>2</sub> на 25 %, CO – в 2-3 раза, оксидов азота в 1,2 раза, сажи и канцерогенов;
- большая гибкость по топливу – использование СУГ и бензина;
- упрощённая технология производства и большой сырьевой ресурс (более 50 % СУГ получают из попутного газа);
- высокие антидетонационные свойства (ИОЧ 102...112), что позволяет повысить степень сжатия и мощность двигателя.

***Основные недостатки СУГ:***

- затраты на дополнительное оборудование (ГБО);
- менее развитая заправочная инфраструктура;
- психологический фактор – опасения по поводу взрывоопасности газа в случае утечки;
- ограничение полезного объёма багажника из-за ГБО (если установлено дополнительное оборудование для двухтопливной системы).

## **Компримированный природный газ**

Большая экономия достигается при использовании компримированного природного газа (КПГ или CNG). Основным оператором в РФ, осуществляющим производство и заправку этим топливом, является ПАО «Газпром» (более 60 % заправок). В отличие от более тяжёлых гомологов, метан при нормальной температуре не сжижается, поэтому для повышения транспортабельности его сжимают до давления 20...25 МПа. По составу КПГ представляет собой практически чистый метан (CH<sub>4</sub>) с минимальным количеством примесей. По экономической эффективности и экологичности природный газ превосходит СУГ.

Отмечается рост спроса на КПГ в России – в 2020 году на 22 %, тогда как потребление СУГ осталось примерно на том же уровне, а бензина и дизельного топлива – снизилось на 5...7 % [12]. В рамках распоряжения правительства № 767-р от 13.05.2013 г. поставлена задача по разработке мер и регулирующей документации для доведения доли общественного транспорта и транспорта дорожно-коммунальных служб на газовом топливе к 2020 году до 50 %. В 2021 году правительством была принята генеральная схема развития газовой отрасли в РФ до 2035 года, в соответствии с которой в ближайшие 15 лет прогнозируется увеличение спроса на КПГ почти в 5 раз – до 5,4 млрд м<sup>3</sup> [13].

По итогам 2020 года российский парк транспортных средств на природном газе оценивается в 227 тыс. автомобилей. Основная доля приходится на легковой транспорт. Потребление в 2020 году составило 1,1 млн м<sup>3</sup>, а число автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) уже более 600 ед. [14]. Планируется к 2022 году дальнейшее увеличение транспорта до 358 тыс. ед. и АГНКС до 896 [12].

Суммарно по всем странам количество транспорта на природном газе составляет порядка 26 млн ед. Мировым лидером по его доле в общей численности автопарка является Иран (более 30 %), уступая первенство по абсолютному числу лишь Китаю. Также высока доля такого транспорта в Боливии и Пакистане [15]. Газомоторное топливо активно применяется и в Европе, особенно в Италии. Однако введение нового экологического стандарта Евро-7, по прогнозам, может привести к постепенному отказу в ЕС от двигателей на КПГ в перспективе 5-7 лет [16].

**Основные преимущества КПГ [8, 17]:**

- дешевле жидких топлив на 60...70 % (экономия в 1,5-2,5 раза на 100 км);
- снижение выбросов в атмосферу: СО – в 10 раз, оксидов азота – в 2 раза, отсутствие смолистых веществ, сажи, канцерогенов и оксидов серы;
- высокие антидетонационные свойства (ИОЧ 110...125, ОЧМ 102...105), что позволяет повысить степень сжатия и мощность двигателя;
- повышение ресурса двигателя в 1,2-2 раза за счёт предотвращения нагарообразования и отложений при сгорании;
- большая гибкость по топливу – использование КПГ и бензина;
- высокая летучесть газа (4-й класс опасности) – безопаснее СУГ;
- снижение уровня шума на 3...5 дБ;
- огромные ресурсы – Россия на 2-м месте в мире по запасам газа (35 трлн м<sup>3</sup>);
- отсутствие проблемы холодного пуска двигателя зимой;
- узкий диапазон воспламенения (5...15 %).

**Основные недостатки КПГ:**

- повышенная опасность из-за необходимости хранения газа под высоким давлением (20...25 МПа);
- меньший КПД двигателя, крутящий момент ниже на 7 %, чем для дизельного двигателя;
- повышенный расход из-за меньшей калорийности топлива в смеси с воздухом;
- ещё менее развитая заправочная инфраструктура, чем для СУГ;
- необходимость использования специальных моторных масел для газовых двигателей;
- ограничение полезного объёма багажника из-за ГБО (если установлено дополнительное оборудование для двухтопливной системы).

**Сжиженный природный газ**

При охлаждении ниже температуры кипения (–162 °С) метан переходит в жидкое состояние – сжиженный природный газ (СПГ или LNG),

что позволяет сократить его объём в 600 раз. Природный газ в таком состоянии получает большие преимущества при хранении и транспортировке, что делает это направление очень перспективным.

Альтернативой для транспортировки на дальние расстояния являются магистральные газопроводы, однако их строительство требует длительных сроков, измеряемых годами, и огромных инвестиций (для магистральных газопроводов более 1,5 млн долл. США на 1 км). Одни из главных преимуществ СПГ – высокая гибкость поставок и ценообразования, мобильность, возможность оперативно переориентировать поставки под изменившиеся потребности рынка и обеспечить хранение.

Объёмы мировой торговли СПГ достигли 360 млн т, а к 2040 году ожидается повышение до 700 млн т/год [18]. В среднем ежегодный прирост производства СПГ составляет 5...6 %. Основными производителями этого продукта являются США, Австралия, Арабские страны и Африка. В 2020 году Австралия и Катар стали мировыми лидерами по экспорту СПГ, обеспечив 77,77 и 77,1 млн т поставок соответственно [19]. Крупными потребителями газа являются страны Азии (Китай, Индия, Япония, Корея) и Европы. По прогнозам, к 2040 году около 40 % экспорта СПГ будет приходиться на Катар и США, а более половины импорта – на страны Азиатско-Тихоокеанского региона [20].

Структура поставок СПГ и её изменение по годам представлено в табл. 2.

Экспорт	2010 г.	2017 г.	2023 г.	Импорт	2010 г.	2017 г.	2023 г.
Средний Восток	39,2	31,5	24,4	Япония и Южная Корея	48,6	42,2	29,0
США	0,6	4,4	20,0	Китай	5,3	13,0	18,5
Австралия	7,8	19,2	19,4	Остальная Азия	10,6	17,1	27,8
Азиатско-Тихоокеанский регион	22,3	20,7	13,1	Евросоюз	28,4	16,4	15,7
Африка	17,2	14,1	11,3	Латинская Америка	2,2	3,6	4,6
Россия	4,2	3,8	7,3	Средний Восток	1,6	3,3	2,8

**ТАБЛИЦА 2**

Доля стран (%) в поставках СПГ за период 2010-2023 гг. [21, 22]

В России производство СПГ за 10 лет к 2020 году увеличилось с 10 до 30,5 млн т. В соответствии с проектом «Долгосрочной программы развития производства сжиженного природного газа до 2035 года» и «Энергетической стратегией России до 2035 года» планируется дальнейшее увеличение производства СПГ в 3 раза (с 30 до 80...140 млн т) за счёт строительства 10 заводов [23]. Перспективные регионы для производства СПГ в нашей стране – Арктика, Дальний Восток и Северо-Запад (Ленинградская область). Арктический регион имеет преимущества благодаря находящимся рядом ресурсам природного газа с месторождений Ямала и Сибири, кроме того, за счёт экономии энергозатрат на сжижение газа в условиях низких температур окружающей среды.

Производство СПГ на крупнотоннажных заводах включает в себя этапы подготовки газа, охлаждения, сжижения, разделения и хранения. Далее проводится транспортировка СПГ на приёмный терминал, в котором он может храниться и после процесса регазификации поставляться в привычном виде потребителям [24].

Затраты на ожижение могут достигать 25 % энергии, содержащейся в самом продукте. Повысить эффективность производства СПГ можно за счёт использования потенциала источника газа – высокого давления с месторождения или магистрального газопровода. Кроме того, для повышения энергоэффективности процесс регазификации СПГ выгодно совмещать с другими низкотемпературными и криогенными производствами – получением аммиака и сухого льда, холодильными установками, опреснением воды и др. [25].

В сравнении с сжиженным газом СПГ занимает в 3 раза меньший объём, что позволяет обеспечить больший запас хода для транспорта и сократить массу ГБО в 3-4 раза. Он более транспортабелен (особенно на дальние расстояния), а по сравнению с другими топливами имеет дополнительные преимущества для применения в Арктике. Однако для его получения и использования требуется существенно более сложное и дорогое оборудование – установки для сжижения и последующей регазификации, специальные изолированные ёмкости для хранения. При этом при организации производства в больших объёмах удельные затраты на получение СПГ оказываются на 20...30 % ниже, чем для КПГ [26]. Для крупнотоннажных перевозок по всему миру используются специальные танкеры, число которых уже превысило 500 ед. [24].

В России инфраструктура КриоАЗС развита очень слабо. Они начали появляться с 2018 года на АГНКС компаний «Газпром» и НОВАТЭК. В соответствии с постановлением Правительства № 1308 от 29.08.2020 г., к 2024 году запланировано построить ещё около 80 КриоАЗС. Рост потребления СПГ ожидается к 2024 году до 389 млн м<sup>3</sup>/год [26], а к 2035 году – до 7,6 млрд м<sup>3</sup> (5,4 млн т), что приведёт к увеличению использования природного газа в качестве газомоторного топлива в РФ до 13 млрд м<sup>3</sup>. Для обеспечения таких объёмов число КриоАЗС по стране должно быть увеличено до 420 ед. [13].

Структура спроса на СПГ в России по целевым сегментам рынка прогнозируется следующая: 33 % – автотранспорт, 27 % – водный транспорт, 22 % – карьерная техника, 18 % – прочее [27]. Наиболее привлекателен СПГ для магистральных перевозок на дальние расстояния – для грузовиков и междугородных автобусов, железнодорожных и морских перевозок. По оценке экспертов, на развитие этого направления потребуется ещё 15-20 лет [26].

Большую роль в увеличении спроса играет рынок малотоннажного СПГ (с объёмом производства менее 80 тыс. т/год), направленный прежде всего на обеспечение автономного газоснабжения в труднодоступных регионах страны – например, в рамках развития Арктического региона. Для производства могут использоваться малогабаритные модульные установки, а для транспортировки – криогенные контейнерцистерны [24].

---

Кроме экономической и экологической составляющей, применение СПГ обеспечивает высокую технологичность и защиту от несанкционированного использования. Из недостатков можно отметить высокие капитальные затраты на оборудование, увеличение трудоёмкости его обслуживания и высокие требования к квалификации персонала [28].

Введение с 1 января 2020 года ограничений MARPOL<sup>2</sup> на использование высокосернистого бункеровочного топлива способствует переходу морских судов на метан. За счёт СПГ можно снизить выбросы углекислого газа в 2,5 раза, оксидов азота в 2,5 раза, углеводородных соединений в 3 раза, а задымлённость в 9 раз [29]. Наибольшую важность это приобретает для обеспечения топливом грузоперевозок по Северному морскому пути. Инфраструктура заправочных станций СПГ для судов уже активно развивается в Норвегии и Швеции.

Перспективным может также стать использование СПГ в качестве авиационного топлива для самолётов большой дальности полёта. За счёт хладоресурса СПГ обеспечивается охлаждение обшивки самолёта, что позволяет достичь эффекта искусственной ламинаризации и таким образом повысить экономичность полёта. Затраты на топливо могут быть снижены в 2,5 раза, а токсичные выбросы – в 4 раза [30].

СПГ также может использоваться для нужд автономного отопления домовладений, в качестве топлива для железнодорожного транспорта и по многим другим направлениям. Сжиженный природный газ в конечном итоге может стать тем самым энергоносителем, который позволит ускорить эволюционный переход от нефти к новой «эпохе природного газа».

## Заключение

Таким образом, в данной статье показаны основные тренды изменения глобальной энергетической повестки, в которой традиционные источники энергии всё больше замещаются альтернативными топливами. В данной статье были более детально рассмотрены основные типы газомоторных топлив (СУГ, КПГ, СПГ), которые при текущем уровне потребления уже сложно назвать альтернативными. Показаны их основные преимущества и недостатки, а также потенциал для дальнейшего развития. Отмечена их высокая экономическая эффективность и экологичность по сравнению с традиционными жидкими углеводородными топливами.

Природный газ при этом отличается существенно более обширными запасами (в том числе в РФ) и низкой себестоимостью по сравнению с СУГ, доступность которых при этом сокращается из-за роста потребления в нефтехимии. В перспективе до 2035 года в РФ ожидается увеличение спроса на природный газ в качестве газомоторного топлива более чем в 10 раз. При этом СПГ при высоких объёмах производства имеет наибольшее преимущество для транспорта, осуществляющего перевозки на большие расстояния (особенно в Арктике), а также для обеспечения крупнотоннажного экспорта природного газа по гибким каналам поставок морским транспортом.

*Вторая часть статьи будет напечатана в следующем номере.*

<sup>2</sup> MARPOL – Международная конвенция, предусматривающая комплекс мер по предотвращению эксплуатационного и трансграничного загрязнения моря судами с нефтью, жидкими веществами в больших количествах, вредными веществами в упаковке, сточными водами.

## Использованные источники

1. Т. Митрова, А. Хохлов, Ю. Мельников и др. Глобальная климатическая угроза и экономика России: в поисках особого пути. Центр энергетики Московской школы управления Сколково, Май 2020. – 69 с.
2. Глаголева О.Ф., Пискунов И.В. Энергосбережение – приоритетная задача современной нефтегазопереработки // Neftegaz.ru. – 2021. – № 1. – С.32-35.
3. Пискунов И.В. Перспективы развития водородной энергетики и транспорта // Нефть. Газ. Новации. – 2020. – № 4 (233). – С. 18-21.
4. Голубева А.С., Магарил Е.Р. Повышение эколого-экономической безопасности применения альтернативных видов топлива и энергии автотранспортом России: проблемы и перспективы // Инновационное развитие экономики. – 2019. – № 5 (53), ч. 2. – С. 85-94.
5. BloombergNEF. New Energy Outlook2020. <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
6. Алекперов предупредил о риске дефицита нефти из-за борьбы с выбросами. URL: <https://www.rbc.ru/business/10/03/2021/6048e27f9a794751adf79dfe>
7. Коротков М.В. Сравнительный анализ использования КПГ и СУГ в качестве моторного топлива. Продуктовая конкуренция или взаимное дополнение? // Транспорт на альтернативном топливе. – 2017. – № 2 (56). – С. 7-19.
8. Преимущества использования СУГ, КПГ и СПГ в качестве моторного топлива <http://www.gazpromlpg.ru/?id=213>
9. CO<sub>2</sub> emission performance standards for cars and vans. 14.07.2021 [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/delivering/vehicles\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/delivering/vehicles_en)
10. Н. Проценко. Глобальный рынок СУГ и теперь живее всех живых. // Нефть. Капитал. <https://oilcapital.ru/article/general/02-12-2020/globalnyy-rynok-sug-i-teper-zhivее-vseh-zhivyyh>
11. Оптовые цены на СУГ в России вновь достигли максимума. Новости ТЭК на Neftegaz.RU. URL: <https://neftegaz.ru/news/finance/669205-optovye-tseny-na-sug-v-rossii-vnov-dostigli-maksimuma/>
12. Васильев В. В России всё больше машин переводят на газ: почему это выгодно и какие есть нюансы // 5 Колесо. URL: <https://5koleso.ru/avtopark/gazomotornaya-tehnika-s-gazom-po-zhizni/>
13. Минэнерго повысило прогноз потребления газа как моторного топлива. 20.04.2021 URL: <https://1prime.ru/gas/20210420/833505826.html>
14. Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования топливно-энергетического комплекса в 2020 г. Задачи на 2021 г. и среднесрочную перспективу. 12.04.2021. <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/20322/154219>
15. Рынок КПГ: мировой опыт развития и уроки для России. ООО «Эрнст энд Янг» – оценка и консультационные услуги». 2019. – 24 с. URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru\\_ru/topics/oil-and-gas/ey-cng-market-world-development-experience-and-lessons-for-russia.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru_ru/topics/oil-and-gas/ey-cng-market-world-development-experience-and-lessons-for-russia.pdf)
16. Volkswagen поставил крест на компримированном природном газе. URL: <https://www.dw.com/ru/volkswagen-pоставил-крест-na-компримированном-природном-газе/a-52614440>
17. Баранник А.Ю., Овчинников В.В., Курбатов М.Ю., Мингалеев С.Г. Использование природного газа в качестве топлива для автомобилей – одно из приоритетных направлений по обеспечению экологической безопасности страны // Технологии гражданской безопасности». – 2020. – Т. 17, № 3 (65). – С. 21-28
18. Shell LNG outlook 2021. – 31 p. URL: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/liquefied-natural-gas-lng/lng-outlook-2021.html#iframe=L3dlYmFwchMvTE5HX091dGxvb2svMjAyMS8>
19. The LPG industry. GIINL annual report. 10.04.2021. – 68 p. URL: [https://giignl.org/system/files/publication/giignl\\_-\\_2020\\_annual\\_report\\_-\\_04082020.pdf](https://giignl.org/system/files/publication/giignl_-_2020_annual_report_-_04082020.pdf)
20. Емельянов В.В. Современные тенденции развития мирового рынка СПГ // Российский внешнеэкономический вестник. – 2020. – № 3. – С. 112-121.
21. Черняев М.В., Кудряков Д.Ф. Российский СПГ на мировом рынке: особенности, перспективы, барьеры // Экономические системы. – 2020. – № 4. – С. 199-206.
22. LNG market trends and their implications. IEA. June 2019. – 85 p. URL: <https://www.iea.org/reports/lng-market-trends-and-their-implications>
23. Новак анонсировал строительство более десяти СПГ-заводов в России. В какие проекты будет вложено до \$150 млрд к 2035 году. URL: <https://www.rbc.ru/business/29/01/2021/6013dc059a79473d601ea315?>
24. Федорова Е.Б. Комплексное научно-технологическое обоснование производства сжиженного природного газа. Автореф. дисс. докт. техн. наук. 05.17.07.2020. РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 51 с.
25. Саркисов С.В., Вакуленков В.А., Стукало С.А., Смелик А.А. Анализ существующих способов производства и транспортировки сжиженного природного газа // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2020. – № 7. – С. 192-196.
26. Газовое ускорение // Всероссийская транспортная еженедельная информационно-аналитическая газета – официальный печатный орган Министерства транспорта РФ. 04.04.2019. URL: <https://transportrussia.ru/item/4881-gazovoe-uskorenie.html>
27. Ефимук В.С. Малотоннажное производство СПГ в мире и в России // «Актуальные научные исследования в современном мире» I SCIENCE.IN.UA. – 2020. – № 7 (63), ч. 2. – С. 81-84.
28. Бьядовский Д.А., Корвин Э.В., Руденко А.Е. Сжиженный природный газ как вариант экономической и экологической альтернативы традиционным видам топлива в арктической зоне // Евразийский союз учёных (ЕСУ). – 2020. – № 9 (78). – С. 10-13.
29. Бородин В.С., Грихно М.А. Экономико-экологическое обоснование перехода морского транспорта с «грязных» топлив на сжиженный природный газ на основе анализа развития мирового и российских рынков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 1 (103), ч. 2. – С. 41-45.
30. Волхонский А.Е., Рулин В.И., Юдин Г.В., Красовская С.В. Исследование возможности применения СПГ в качестве авиационного топлива на транспортных самолетах // Sciences of Europe. – 2019. – № 9. – С. 49-56.

## СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ КОЗЛОВ



14 июля 2021 года на 72-м году жизни скончался доктор технических наук, эксперт высшей квалификации в области двигателестроения, моторных топлив (в том числе нетрадиционных), водородных технологий, нанотехнологий, нетрадиционных источников энергии и других областях машиностроения Сергей Иванович Козлов.

Родился С.И. Козлов в г. Москве, в 1975 году получил высшее образование в МВТУ им. Н.Э. Баумана, в 1982 году защитил кандидатскую диссертацию, в 1994 году ему присвоено учёное звание доктор технических наук.

Сергей Иванович работал в газовой промышленности с 1993 года. Занимался исследованием эффективных способов и средств осушки природного газа, разработкой средств и технологий ликвидации разливов жидких углеводородов на поверхности воды и грунта, а также новых технологий получения моторных топлив из нефтяных фракций и стабильного газового конденсата, созданием систем определения утечек газа на объектах Газпрома.

Автор более ста научных трудов, в том числе монографий. Работки в области ликвидации последствий аварий, связанных с разливами углеводородов, запатентованы и на Международных выставках в Брюсселе удостоены золотых и серебряных медалей.

В ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Сергей Иванович работал заместителем генерального директора, главным научным сотрудником Центра использования газа. Во ВНИИГАЗе Сергей Иванович курировал направления научной деятельности по газотранспортным системам и технологиям, экологической безопасности и энергоэффективности, охране труда, использованию газа на транспорте, активно развивал направление работ по нанотехнологиям и водородной энергетике. Под его руководством осуществлён ряд отраслевых программ.

С первого дня существования журнала «Транспорт на альтернативном топливе» Сергей Иванович активно участвовал в его выпуске. Все эти годы Козлов С.И. входил в состав членов редколлегии журнала. Большая заслуга его состоит в том, что благодаря ему журнал вошёл в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК.

В нашей памяти Сергей Иванович останется примером верности профессиональному выбору и ответственности. Коллеги запомнят С.И. Козлова как мудрого руководителя, отзывчивого товарища, доброжелательного наставника.

Национальная газомоторная ассоциация и редакция журнала выражают искренние соболезнования его родным и близким.

*Национальная газомоторная ассоциация*

## P. 49

**Possible intensification of heat sink when filling metal-composite ball cylinder with hydrogen gas**

Vladimir Zarubin, Yakov Osadchy

## KEYWORDS:

metal-composite cylinder,  
mathematical model of thermal regime,  
cooling of hydrogen in a cylinder.

The possibility of placing a coil pipe with cooling water to reduce the temperature of hydrogen gas in the process of filling a metal-composite ball cylinder is considered. A mathematical model describing the thermal regime of a cylinder filled with noncooled upfront hydrogen is presented. A quantitative analysis of this model showed that within a limited filling period, cooling hydrogen directly in a cylinder with a working pressure of 70 MPa makes it possible to achieve a hydrogen density close to 40 kg/m<sup>3</sup>.

## Reference

1. Kozlov S.I., Fateev V.N. Hydrogen Energy: Current State, Problems, Prospects / Ed. E.P. Velikhova. – M.: Gazprom VNIIGAZ, 2009. – 520 p.
2. Zarubin V.S., Osadchiy Ya.G. Numerical modeling of the thermal regime of a metal-composite cylinder when filled with hydrogen // *Transport on alternative fuel*. – 2021. – No. 2 (80). – P. 54-62.
3. Kirillin V.A., Sychev V.V., Sheindlin A.E. Technical thermodynamics. – M.: Ed. house MPEI, 2016. – 496 p.
4. Woodfield P.L., Monde M., Takano T. Heat transfer characteristics for practical hydrogen pressure vessels being filled at high pressure // *Journal of Thermal Science and Technology*. – 2008. – Vol. 3, No. 2. – P. 241-253.
5. Galassi M.C., Papanikolaou E., Heitsch M., Baraldi D., Iborra B.A., Moretto P. Validation OF CFD Mjdel for Hydrogen Fast Filling Simulations // *International Journal Hydrogen Energy*. – 2014. – Vol. 39, No 11. – P. 6252-660.
6. Jacobsen R.T., Leachman J.W., Penoncello S.G., Lemmon E.W. Current Status of Thermodynamic Properties of Hydrogen // *Int J. Thermophys.* – 2007. – Vol. 28. – P. 758-772. DOI 10.1007 / s10765-007-0226-7.
7. Leachman J.W., Jacobsen R.T., Penoncello S.G., Lemmon E.W. Fundamental Equations of State for Parahydrogen, Normal Hydrogen, and Orthohydrogen // *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. – 2009. – Vol. 38, No 3. – P. 721-748.
8. Hydrogen refueling standards. Electronic resource. URL: <https://avtonov.info/standarty-zapravki-vodorodom/> Date of access 22.04.2021.
9. Protocols for refueling vehicles with gaseous hydrogen. Electronic resource. URL: <https://saemobilus.sae.org/content/j2601-201407/> Date of access 22.04.2021.
10. Simonovski I., Baraldi D., Melideo D., Acosta-Iborra B. Thermal simulations of a hydrogen storage tank during fast filling // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2015. – Vol. 40. – P. 12560-12571.
11. Bourgeois T., Brachmann T., Barth F., Ammouri F., Baraldi D., Melide D., Acosta-Iborra B., Zaepffel D., Saury D., Lemonnier D. Optimization of hydrogen vehicle refueling requirements // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2017. – Vol. 42. – P. 13789-13809.
12. Theory of heat and mass transfer / Ed. A.I. Leontyev. 3rd ed. – M.: Publishing house of Bauman Moscow State Technical University, 2018. – 462 p.
13. Kutateladze S.S., Borishansky V.M. Heat Transfer Handbook. – M.–L.: Gosenergoizdat, 1958. – 414 p.
14. Hybrid composite material for high-pressure shell structures. Patent RU 2707781 C1 (Published: 29.11.2019 Bull. No. 34).

## P. 57

**Methods for diagnostics and control of technical condition of CNG filling stations' main equipment****Vibration control and mitigation methods for compressor units**

Andrey Evstifeev

KEYWORDS: automobile gas filling compressor station,  
compressor equipment, technical condition diagnostics,  
compressed natural gas, equipment reliability, energy  
efficiency of production processes.

One of the most demanded directions for the development of modern automobile filling stations is the transition to unmanned technologies. To ensure the specified level of reliability and energy efficiency of the production process at automobile gas filling stations, it is necessary to ensure the transition to operation according to the actual technical state. Vibration diagnostic studies are one of the most indicative methods for studying the actual technical condition of the station's compressor equipment. The article analyzes the vibration causes of the main production equipment of the station and gives their classification. The permissible vibration standards have been analyzed. Methods of vibration reduction are presented and the analysis of the results of diagnostic studies in the wear of gear wheels of the compressor unit reducer, as well as the effect of load changes on the vibration level, is carried out. In the conclusion, recommendations are given on the necessary measures and ways to ensure the evolutionary transition to stations of a new generation based on unmanned technologies and artificial intelligence.

## Alternative Fuels for Sustainable Development of the Transport Sector

### Part 1. Gas engine fuel

Ivan Piskunov,  
Olga Glagoleva, Irina Golubeva

KEYWORDS: Alternative fuels,  
NGV fuel, LPG, CNG, LNG.

### Reference

1. T. Mitrova, A. Khokhlov, Y. Melnikov, et al. Global climate threat and the Russian economy: in search of a special way. Energy Center of the Moscow School of Management Skolkovo, May 2020. – 69 p.
2. Glagoleva O.F., Piskunov I.V. Energy saving is a priority task of modern oil and gas processing // *Neftgaz.ru*. – 2021. – No. 1. – P.32-35.
3. Piskunov I.V. Prospects for the development of hydrogen energy and transport // *Oil. Gas. Innovations*. – 2020. – No. 4 (233). – P. 18-21.
4. Golubeva A.S., Magaril E.R. Increasing the ecological and economic safety of the use of alternative fuels and energy by motor transport in Russia: problems and prospects // *Innovative development of the economy*. – 2019. – No. 5 (53), part 2. – P. 85-94.
5. BloombergNEF. New Energy Outlook2020. URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>
6. Alekperov warned of the risk of oil shortages due to abatement. URL: <https://www.rbc.ru/business/10/03/2021/6048e27f9a794751adf79dfe>
7. Korotkov M.V. Comparative analysis of the use of CNG and LPG as a motor fuel. Product competition or mutual complementarity? // *Transport on alternative fuels*. – 2017. – No. 2 (56). – P. 7-19.
8. Advantages of using LPG, CNG and LNG as motor fuel. URL: <http://www.gazpromlpg.ru/?id=213>
9. CO2 emission performance standards for cars and vans. 07/14/2021 URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/delivering/vehicles\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/delivering/vehicles_en)
10. N. Protsenko. The global LPG market is still the most alive. // *Oil. Capital*. URL: <https://oilcapital.ru/article/general/02-12-2020/globalnyy-rynok-sug-i-teper-zhivee-vseh-zhiviyh>
11. Wholesale prices for LPG in Russia have reached their maximum again. Fuel and energy complex news on Neftgaz.RU. URL: <https://neftgaz.ru/news/finance/669205-optovye-tseny-na-sug-v-rossii-vnov-dostigli-maksimuma/>
12. Vasiliev V. In Russia, more and more cars are being converted to gas: why is it profitable and what are the nuances // *5 Wheel*. URL: <https://skoleso.ru/avtopark/gazomotornaya-tehnika-s-gazom-po-zhizni/>
13. The Ministry of Energy has raised the forecast for gas consumption as a motor fuel. 04/20/2021 URL: <https://1prime.ru/gas/20210420/833505826.html>
14. The results of the work of the Ministry of Energy of Russia and the main results of the functioning of the fuel and energy complex in 2020. Objectives for 2021 and the medium term. 04/12/2021. <https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/20322/154219>
15. CNG market: global development experience and lessons for Russia. Ernst & Young LLC – Valuation and Consulting Services. 2019. – 24 p. URL: [https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru\\_ru/topics/oil-and-gas/ey-cng-market-world-development-experience-and-lessons-for-russia.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/ru_ru/topics/oil-and-gas/ey-cng-market-world-development-experience-and-lessons-for-russia.pdf)
16. Volkswagen has given up on compressed natural gas. URL: <https://www.dw.com/ru/volkswagen-passed-cross-on-compressed-natural-gas/a-52614440>
17. Barannik A.Yu., Ovchinnikov V.V., Kurbatov M.Yu., Mingaleev S.G. The use of natural gas as a fuel for cars is one of the priority areas for ensuring the country's environmental safety // *Civil Security Technologies*. – 2020. – Vol. 17, No. 3 (65). – P. 21-28
18. Shell LNG outlook 2021. – 31 p. URL: <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/liquefied-natural-gas-lng/lng-outlook-2021.html#frame=L3dlYmFwcHMvTE5HX091dGxvb2svMjAyMS8>
19. The LPG industry. GIINL annual report. 04/10/2021. – 68 p. URL: [https://giinl.org/system/files/publication/giignl\\_-\\_2020\\_annual\\_report\\_-\\_04082020.pdf](https://giinl.org/system/files/publication/giignl_-_2020_annual_report_-_04082020.pdf)
20. Emelyanov V.V. Modern trends in the development of the global LNG market // *Russian Foreign Economic Bulletin*. – 2020. – No. 3. – P. 112-121.
21. Chernyaev M.V., Kudryakov D.F. Russian LNG on the World Market: Features, Prospects, Barriers // *Economic Systems*. – 2020. – No. 4. – P. 199-206.
22. LNG market trends and their implications. IEA. June 2019. – 85 p. URL: <https://www.iea.org/reports/lng-market-trends-and-their-implications>
23. Novak announced the construction of more than ten LNG plants in Russia. What projects will be invested up to \$ 150 billion by 2035. URL: <https://www.rbc.ru/business/29/01/2021/6013dc059a79473d601ea315?>
24. Fedorova E.B. Comprehensive scientific and technological justification for the production of liquefied natural gas. Abstract of thesis. diss. doct. tech. sciences. 05.17.07.2020. National University of Oil and Gas «Gubkin University». – 51 p.
25. Sarkisov S.V., Vakulenkova V.A., Stukalo S.A., Smelik A.A. Analysis of existing methods of production and transportation of liquefied natural gas // *Actual problems of military scientific research*. – 2020. – No. 7. – P. 192-196.
26. Gas acceleration // All-Russian transport weekly information and analytical newspaper - the official publication of the Ministry of Transport of the Russian Federation. 04.04.2019. URL: <https://transportrussia.ru/item/4881-gazovoe-uskorenie.html>
27. Efimuk V.S. Low-tonnage LNG production in the world and in Russia // "Actual scientific research in the modern world" ISCIENCE.IN.UA. – 2020. – No. 7 (63), part 2. – P. 81-84.
28. Byadovsky D.A., Korovin E.V., Rudenko A.E. Liquefied natural gas as an economic and environmental alternative to traditional fuels in the Arctic zone // *Eurasian Union of Scientists (ESU)*. – 2020. – No. 9 (78). – P. 10-13.
29. Borodkin V.S., Grikhno M.A. Economic and ecological substantiation of the transition of sea transport from "dirty" fuels to liquefied natural gas based on the analysis of the development of the world and Russian markets // *International research journal*. – 2021. – No. 1 (103), part 2. – P. 41-45.
30. Volkhonsky A.E., Rulin V.I., Yudin G.V., Krasovskaya S.V. Investigation of the possibility of using LNG as aviation fuel on transport aircraft // *Sciences of Europe*. – 2019. – No. 9. – P. 49-56.

## АВТОРЫ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛЕ № 4 (82) 2021 г.

**Глаголева Ольга Федоровна,**  
д.т.н., профессор кафедры технологии  
переработки нефти РГУ нефти  
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина,  
e-mail: ofprof@mail.ru

**Голубева Ирина Александровна,**  
д.х.н., профессор кафедры газохимии РГУ нефти  
и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, академик РАН,  
e-mail: Golubevaia@gmail.com +7(985) 922-53-98

**Евстифеев Андрей Александрович,**  
зам. начальника Центра технологий СПГ  
и газомоторного топлива  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,  
доцент НИЯУ «МИФИ», к.т.н.,  
e-mail: A\_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

**Зарубин Владимир Степанович,**  
д.т.н., Московский государственный  
технический университет имени Н.Э. Баумана,  
профессор кафедры «Прикладная математика»,  
м.т. (915) 427-36-11, e-mail: zarubin@bmstu.ru

**Осадчий Яков Григорьевич,**  
д.т.н., генеральный директор ЗАО НПП «МАШТЕСТ»,  
e-mail: mashtest@mashtest.ru,  
тел. 8 (495) 513-40-98, 511-00-99

**Пискунов Иван Васильевич,**  
соискатель, РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И.М. Губкина, к.т.н.,  
e-mail: piskunov.ivan.v@gmail.com

## CONTRIBUTORS TO JOURNAL ISSUE NO 4 (82) 2021

**Evstifeev Andrey,**  
PhD, Deputy head, LNG Technologies  
and NGV Fuel Center, Gazprom VNIIGAZ LLC,  
associate professor of department 12 IKS NRNU MEPhI,  
e-mail: A\_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

**Glagoleva Olga,**  
Doctor of Technical Sciences,  
professor, National University  
of Oil and Gas «Gubkin University»,  
e-mail: ofprof@mail.ru

**Golubeva Irina,**  
Doctor of Chemical Sciences, professor,  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»,  
member of Russian Academy of Natural Sciences,  
e-mail: Golubevaia@gmail.com +7(985) 922-53-98

**Osadchy Yakov,**  
Doctor of Technical Sciences,  
general manager, JSC Scientific  
and Production Enterprise «Mashtest»,  
phone: + 7 (495) 513-40-98,  
e-mail: mashtest@mashtest.ru

**Piskunov Ivan,**  
Candidate of Technical Sciences, applicant,  
National University of Oil and Gas «Gubkin University»,  
e-mail: piskunov.ivan.v@gmail.com

**Zarubin Vladimir,**  
Doctor of Technical Sciences,  
professor of the Bauman Moscow State  
Technical University,  
phone: +7 (915) 427-36-11,  
e-mail: zarubin@bmstu.ru