



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 6 (12) 2009

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



Автоматизация технологических процессов на объектах СУГ

**Особенности пуска ДВС с искровым
зажиганием на газовом топливе**

Спиртовые топлива для дизельных двигателей

**Международный научно-технический журнал
«Транспорт на альтернативном топливе»
№ 6 (12) / 2009 г.**

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

Учредитель и издатель

НП «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА)

Периодичность 6 номеров в год

Главный редактор

Р.О. Самсонов

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

Члены редакционной коллегии

О.Ю. Бриллиантов

заместитель главного редактора

Б.В. Будзуляк

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

В.И. Ерохов

профессор «МАМИ», д.т.н.

А.А. Ипатов

генеральный директор ФГУП ГНЦ «НАМИ», д.т.н.

Р.З. Кавтарадзе

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

С.И. Козлов

заместитель генерального директора
ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по науке, д.т.н.

В.А. Марков

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

А.В. Николаенко

ректор Московского государственного технического
университета («МАМИ»), профессор

Ю.В. Панов

профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.

Н.Н. Патрахальцев

профессор Университета Дружбы народов, д.т.н.

Е.Н. Пронин

заместитель начальника Управления ОАО «Газпром»,
президент НГА

В.Л. Стативко

исполнительный директор НГА, к.т.н.

В.Н. Удун

генеральный директор ОАО «НПО Гелиймаш», к.т.н.

В.Н. Фатеев

зам. директора РНЦ «Курчатовский институт», д.х.н.
ООО «Газпром ВНИИГАЗ» по науке, д.т.н.

Представительство в Украине (г. Киев)

Ю.В. Лысенко, директор

(044) 422-88-74, 425-17-78

Редактор

О.А. Ершова

Отдел подписки и распространения

В.А. Ионова

Корреспондент

М.С. Федорова

Компьютерная верстка

Ф.А. Игнащенко

Адрес редакции:

115304, Москва, ул. Луганская, д. 11, оф. 311.

Тел./факс: (495) 321-50-44, 363-94-17.

E-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru

transport.er@oeg.gazprom.ru

www.ngvrus.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии «ГранПри»,
Ярославская обл., г. Рыбинск, ул. Луговая, д. 7
Номер заказа
Сдано в набор 1.10.2009 г.
Подписано в печать 20.11.2009 г.
Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.
Печать офсетная, печ. л. 5, усл. печ. л. 10.

При перепечатке материалов ссылка на журнал
«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.
Редакция не несет ответственности за достоверность инфор-
мации, опубликованной в рекламных материалах.

**На обложке: АГНКС-250 ООО
«Газпром Трансгаз Кубань»**

В НОМЕРЕ:

4-й Международный Дальневосточный экономический форум.....	3
В Аргентине состоялся 24-й Мировой газовый конгресс.....	4
12-я Международная научно-практическая конференция «Сжатый и сжиженный газ – 2009».....	4
«CITOGIC'2009» и Европейский деловой конгресс.....	5
А.А. Ким Автономное газоснабжение на СУГ – эффективное решение в энергообеспечении регионов РФ («Круглый стол» в Торгово-промышленной палате РФ, 21.09.2009 г.).....	6
7-я Международная специализированная выставка оборудования и технологий для газораспределения и эффективного использования газа «GasSUF–2009», 13-15.10.2009 г., МВЦ «Крокус Экспо», Москва.....	8
Е.Н. Пронин, Р.О. Самсонов, И.Ф. Маленкина Перспективы продления международных транспортных «Голубых коридоров» Россия–Европа с использованием природного газа в качестве моторного топлива.....	12
В Польше впервые прошел пробег автомобилей, работающих на СУГ.....	16
Новости из-за рубежа.....	17
Новости из регионов.....	19
Н.В. Бурцев, В.А. Бурцев Микропроцессорная система управления газодородным автомобилем с бортовым генератором водорода.....	20
В.А. Шишков Особенности пуска ДВС с искровым зажиганием на газовом топливе.....	26
Г.И. Бумагин, А.Г. Лапкина Определение значений конвективного тока и тока смещения в ступени ЭГД генератора-детандера для сжижения природного газа.....	34
В.А. Марков, Н.Н. Патрахальцев Спиртовые топлива для дизельных двигателей.....	40
А.Н. Иванов Мировые стандарты в обслуживании топливных карт безналичной оплаты: архитектура ТК.....	48
Это модное слово «Ребрендинг».....	50
В.А. Колосов, А.А. Барабанов Автоматизация технологических процессов и инновационные технологии на объектах, использующих СУГ.....	52
В.Н. Титов Ресурсосберегающие технологии компании «ВИП Газ Тех»: технологические установки модульного типа для проведения сливно-наливных операций с СУГ.....	56
З.Р. Кавтарадзе, Р.З. Кавтарадзе Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах.....	59
М.Ф. Кротов, С.В. Коробцев, В.Н. Фатеев, Р.О. Самсонов, С.И. Козлов Производство водорода из органического сырья.....	66
Г.С. Савельев, Е.Т. Кауров Технико-экономические аспекты внутрихозяйственного производства биодизельного топлива второго поколения из биомассы.....	75



CONTENTS

'Alternative Fuel Transport' International Scientific and Technical Magazine No. 6 (12) 2009

Registered with the Federal Service for Supervision in Mass Communications and Cultural Heritage Protection
Printed matter registration certificate No. FS77-30114

Founder and publisher

Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle Association (NGVRUS)

Publication frequency: 6 issues a year

Editor-in-Chief

Samsonov R.O.

Director General of OOO Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering

Editorial board members

Brilliantov O.Yu.

Deputy Editor-in-Chief

Budzulyak B.V.

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

Erokhov V.I.

MAMI Professor, Doctor of Engineering

Ipatov A.A.

Director General of FGUP GNC NAMI, Doctor of Engineering

Kavtaradze R.Z.

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

Kozlov S.I.

Deputy Director General for Research at OOO Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering

Nikolaenko A.V.

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

Markov V.A.

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

Panov Yu.V.

Professor of MAD I (GTU), Candidate of Science

Patrakhaltsev N.N.

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

E.N. Pronin

Deputy Head od Directorate, JSC Gazprom, President, NGVRUS

Stativko V.L.

Executive Director, NGVRUS, Candidate of Science

Udut V.N.

Director General of OAO NPO Geliymash, Candidate of Science

Fateev V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

Representative office in Ukraine (Kiev)

Lysenko Yu.V., Director
(8-10-38-044) 422-88-74,425-17-78
(8-10-38-044) 422-88-74, 425-17-78

Editor

Ershova O.A.

Subscription and Distribution Department

Ionova V.A.

Correspondent

Fedorova M.S.

Editorial office address:

304 - 11, Luganskaya str., 115304, Moscow
Tel/fax: (495) 321-50-44, 363-94-17
E-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru,
transport.er@oeg.gazprom.ru • www.ngvrus.ru

Printed from ready direct reversals in GrandPrix printing house, Yaroslavl oblast, Rybinsk, ul. Lugovaya, 7
Order number

Passed for press on 1.10.2009

Endorsed to be printed on 20.11.2009

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

Offset printing, 5 reference sheets, 10 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.

**On the cover page: CNG Filling Station,
AGNKS-250, LLC Gazprom Transgaz-Kuban'**

4th International Far-Eastern Economic Forum	3
Argentina: 24th World gas congress has taken place	4
12-th International scientific-practical conference «Compressed and liquefied gas – 2009».....	4
«CITOGIC'2009» and European Business Congress.....	5
A.A. Kim Independent gas supply on LPG – an effective solution in power supply of the Russian Federation regions («Round Table», Russian Chamber of Commerce and Industry, 21.09.2009).....	6
The 7th international specialized exhibition of equipment and technologies for gas supply and effective usage of gas «GasSUF–2009», October 13-15, 2009 IEC Crocus Expo, Moscow, Russia	8
E.N. Pronin, R.O. Samsonov, I.F. Malenkina Prospects for Expansion of International Transport Corridors Russia–Europe with the Use of Natural Gas as Motor Fuel	12
Held in Poland The First Green Convoy tour promoting vehicles powered by LPG was a great success.....	16
News from abroad.....	17
Russian news.....	19
N.V. Burtsev, V.A. Burtsev Microprocessor control system for methane-hydrogen vehicle with the on-board synthesis gas generator.....	20
V.A. Shishkov Features of start-up of internal combustion engine with spark ignition on gas fuel	26
G.I. Bumagin, A.G. Lapkova Definition the values of convection current and current of displacement in step of the electrogasdynamic generator-detander for natural gas with new system of electrodes at a pulsating voltage	34
V.A. Markov, N.N. Patrakhaltsev Alcohol Fuels for Diesel Engines	40
A.N. Ivanov World Standard in Fuel Cards Cashless Services: Open Systems Architecture.....	48
V.A. Kolosov, A.A. Barabanov Automation of Technological processes and Innovative technologies at places used LPG.....	52
V.N. Titov New cost saving technologies of VIP Gas Tech Ltd.: Implementation of module type discharging units for LPGas loading/unloading operations.....	56
Z.R. Kavtaradze, R.Z. Kavtaradze Perspectives of the usage of piston engines on the alternative fuels.....	59
M.F. Krotov, S.V. Korobtsev, V.N. Fateev, R.O. Samsonov, S.I. Kozlov Hydrogen production from fossil fuel and other organic materials	66
G.S. Saveliev, E.T. Kaurov Technical and economic aspects of intraeconomic production of second-generation biodiesel fuel from biomass.....	75



4-й Международный Дальневосточный экономический форум

4th International Far-Eastern Economic Forum

8-9.09.2009 г. в Хабаровске состоялся 4-й Международный Дальневосточный экономический форум. В первый день работы форума заместитель Председателя Госдумы, президент Российского газового общества (РГО) Валерий Язев провел дискуссию на тему «Дальний Восток – перспективы развития газового бизнеса».

Вобсуждении приняли участие заместитель министра регионального развития России Сергей Юрпалов и заместитель председателя Государственного комитета Китая по развитию и реформе Чжан Гобао.

Участники дискуссии обсудили пути развития газотранспортной системы Дальнего Востока, газоснабжение Хабаровского и Камчатского краев, возможности строительства мощностей по производству СПГ в районе Владивостока, выход на рынки Японии, Кореи, Восточного Китая.

Как отметил Валерий Язев, «в ближайшие годы Дальний Восток станет одним из важнейших центров по добыче, транспортировке и экспорту природного газа».

Анализ перспектив социально-экономического развития Дальнего Востока и возможностей, заложенных в Восточную газовую программу, показывает, что природный газ через 10-15 лет займет приоритетное место в топливно-энергетическом балансе восточных регионов России. К 2020 г. добыча голубого топлива должна составить 150 млрд. м³ в год. К этому времени должны быть освоены крупнейшие на Востоке страны Ковыктинское и Чаяндинское месторождения,

которые должны сыграть важную роль в решении задач программы создания в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран АТР.

Совокупный макроэкономический эффект от реализации восточной газовой программы оценивается в размере свыше 27,8 трлн. руб., налоговые поступления в федеральный и региональные бюджеты Российской Федерации за весь период составят почти 3,8 трлн. руб. Развитие газовой промышленности даст толчок для строительства новых железных и автомобильных дорог, жилья, объектов соцкультбыта, приведет к созданию сотен тысяч рабочих мест.

9.09.2009 г. в Хабаровске Валерий Язев провел совещание по вопросам организации работы РГО в Дальневосточном федеральном округе.

Представителем наблюдательного совета РГО в Дальневосточном федеральном округе назначен генеральный директор ООО «ГазпромИнвестВосток» Дмитрий Шелехов, председателем экспертного совета – заслуженный

энергетик России, кандидат технических наук Владимир Сливко. Они призваны содействовать выполнению «Программы создания в восточной Сибири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения с учетом возможного экспорта газа на рынки Китая и других стран Азиатско-Тихоокеанского региона». Программа утверждена Минпромэнерго России. Ее главной целью является формирование в регионе эффективной газовой промышленности и создание на ее основе условий для динамичного социально-экономического развития Восточной Сибири и Дальнего Востока, повышения качества жизни населения региона. Одновременно выполнение программы, ответственность за реализацию которой возложена на ОАО «Газпром», решит задачу диверсификации экспортных газовых потоков и развития газоперерабатывающей промышленности для производства продукции с высокой добавленной стоимостью.

«Дальневосточный форум стал одной из ведущих российских дискуссионных площадок, предназначенных для содержательного разговора по самому широкому спектру вопросов, касающихся жизни и развития Востока России», – заявил Валерий Язев.

По итогам состоявшихся дискуссий участники экономического форума выработали рекомендации Государственной Думе, правительству и министерствам РФ. Наиболее конкретный характер носят рекомендации блока, касающегося инфраструктуры развития. В частности, они затрагивают проблемы строительства магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток».

«Российская газета».
Отдел информационной работы НП «РГО»

В Аргентине состоялся 24-й Мировой газовый конгресс

Argentina: 24th World gas congress has taken place



Под аккордеонно-скрипичное танго и гитарно-барабанные танцы гаучо 5.10.2009 г. Президент Аргентины Кристина Фернандес де Киршнер открыла 24-й Мировой газовый конгресс. Впервые за долгую историю Международного газового союза (МГС основан в 1931 г.) этот конгресс проходил в южном полушарии. Более 2,5 тыс. участников из 80 с лишним стран мира собрались в Бу-

энос-Айресе для обсуждения перспектив развития газовой отрасли мировой экономики. Президент Аргентины продемонстрировала глубокое понимание процессов, происходящих в мировой газовой промышленности. По ее словам, наиболее актуальными задачами в настоящее время являются:

- всемерное повышение энергетической эффективности экономики;

- энергосбережение;
- наращивание инвестиций в реальную экономику в условиях еще не преодоленного финансового кризиса;
- развитие газификации и надежное газоснабжение потребителей.

Необходимо отметить, что Аргентина занимает второе место в мире после Пакистана по численности газобаллонных автомобилей: на КПГ в Аргентине работают более 1,7 млн. автомобилей (в основном легковых), 1826 газовых заправочных станций ежемесячно реализуют по 230 млн. м³ метана.

На Конгрессе было сделано 14 докладов, среди которых безусловный интерес представлял доклад председателя правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллера. Кроме того, в 42 секциях Конгресса специалисты обсудили различные аспекты газовой составляющей мировой экономики.

К конгрессу была приурочена Мировая газовая выставка, в которой участвовали 270 компаний. Выставку посетило более 15 тыс. чел.

Проблемы использования газа в качестве моторного топлива широко обсуждались также на заседаниях Рабочего комитета 5 (использование газа), Исследовательской группы 5.3 (природный газ на транспорте) и «круглого стола», обсудившего тему «Природный газ: состоявшийся движитель мирового транспорта».

МЕТАИнфо

12-я Международная научно-практическая конференция

«Сжатый и сжиженный газ – 2009»

12th International scientific-practical conference
«Compressed and liquefied gas – 2009»

3-8.10.2009 г. в Турции в местечке Белек в отеле «Spice» состоялась ежегодная 12-я Международная конференция «Сжатый и сжиженный газ – 2009». Организаторами Международного форума явились Межправительственный Совет по нефти и газу стран СНГ, Группа компаний «НефтеГазТоп»

и некоммерческое партнерство «Объединение проектировщиков опасных производственных объектов «СПЕЦПРОЕКТОБЪЕДИНЕНИЕ» при поддержке Минэнерго России. В работе форума, несмотря на международный кризис, приняли участие делегаты из 8 стран: России, Украины, Армении,

Киргизии, Латвии, Литвы, Швейцарии, Турции – всего 85 чел.

Конференцию открыл и выступил с докладом председатель правления Группы компаний «НефтеГазТоп», генеральный директор НП «СПЕЦПРОЕКТОБЪЕДИНЕНИЕ» Б.С. Рачевский.

Всего на конференции было заслушано и обсуждено 22 доклада. В своих докладах выступающие рассмотрели различные вопросы, связанные с производством, транспортировкой, хранением, распределением и использованием компримированного природного газа (КПГ), сжиженного углеводородного и природного газа (СУГ и СПГ), а также вопросы безопасности.

Среди докладчиков следует отметить выступление Б.С. Рачевского, который продемонстрировал передовые

технологии сжиженных углеводородных газов, многие из которых разработаны под его руководством и успешно применяются ГК «НефтеГазТоп».

В докладе Н.И. Хомяченко, руководителя секретариата Межправительственного Совета по нефти и газу стран СНГ, на примере ТЭК были рассмотрены вопросы интеграции малого и среднего бизнеса, как фактора противодействия экономическому кризису.

Р.П. Гордеева, технический директор ООО «Еврогаз», проанализировала проблемы проектирования объектов сжиженных газов после введения в действие технического регламента о требованиях пожарной безопасности.

А.Г. Бадалов, генеральный директор ООО «Мактрен-Нафта», рассказал о введении в строй в порту Темрюк Краснодарского края первого в России морского терминала СУГ.

В своем докладе о строительстве завода по переработке газового конденсата со складами для хранения СУГ и СПГ Ф.Т. Хуснутдинов, главный инженер ОАО «АК Востокнефтезаводмонтаж», рассказал о новых высокоэффективных технологиях строительно-монтажных работ мирового уровня.

В своих выступлениях Н.В. Бурмистров, генеральный директор ОАО «Рузхиммаш», Р.Х. Набиуллин, главный конструктор ОАО «Сатурн – Газовые

турбины», А.С. Заморин, зам. генерального директора «НПФ Эталон Тензо», В.В. Яшин, директор ООО «Объединение компрессоров», ознакомили участников конференции с современным газовым оборудованием, выпускаемым российскими заводами, которое по качеству не уступает лучшим зарубежным аналогам.

На конференции с сообщением об информационной поддержке перевоза транспорта на альтернативные виды моторного топлива средствами массовой информации выступил зам. главного редактора журнала «Транспорт на альтернативном топливе» О.Ю. Бриллиантов.

«CITOGIC'2009» и Европейский деловой конгресс

«CITOGIC'2009» and European Business Congress

23-25.09.2009 г. в столице Башкирии Уфе состоялись два важных мероприятия: XIX Международный конгресс по высоким технологиям в нефтяной и газовой промышленности «CITOGIC'2009» и заседание Комитета «Промышленность и строительство» Европейского делового конгресса.

Как всегда, участники мероприятий обсуждали актуальные проблемы обеспечения долгосрочного устойчивого и безаварийного энергообеспечения потребителей Российской Федерации и безусловного выполнения экспортных контрактов. В докладах экспертов звучала озабоченность современным состоянием топливно-энергетического комплекса страны.

В частности, отмечалось, что в России разработано много самых современных технологий с мировым уровнем качества, которые, к сожалению, не могут найти дорогу в повседневную производственную жизнь.

Достаточно сильный акцент был сделан на том, что настало время изменения подходов к энергообеспечению в целом и газоснабжению новых потребителей в частности. На рынке имеются технологии автономного газоснабжения потребителей, то есть технологии, не связанные со строительством газоп-

роводов. Сжиженный природный и углеводородный газы (СПГ и СУГ), синтетическое топливо, биометан, продукты переработки попутного нефтяного газа – вот те современные подходы, которые необходимо в обязательном порядке рассматривать при формировании новой энергетической политики в регионах России. Особо была отмечена важность использования газа в качестве моторного топлива для транспорта.

Социально-экономическим преимуществам применения природного газа был посвящен отдельный раздел ключевого доклада Президента Российской Федерации и Международной академии технологических наук, академика Б.А. Никитина.

На башкирской земле газомоторная тема имеет непростую историю. В течение многих лет объемы реализации природного газа через АГНКС «Баштрансгаз» оставались мизерными. Но с 2003 г.



руководство компании изменило ситуацию. За прошедшие шесть лет спрос на КПП в Башкирии вырос в 10 раз – с 1,3 до 13,6 млн. м³ в год. На выставке, приуроченной к конгрессу «CITOGIC'2009», ООО «Газпром трансгаз Уфа» среди прочих технологий продемонстрировало автомобили на природном газе: современные и ретро.

На рисунке показан полноприводной автомобиль ГАЗ-67 («козлик» или «Иван-Виллис»), участвовавший на заключительных этапах Великой отечественной войны. Модель была создана на базе не совсем удачного прототипа ГАЗ-64. С 1943 по 1953 г. выпущено без малого 93 тыс. ГАЗ-67 и ГАЗ-67Б. Автомобиль оснащен карбюраторным двигателем ГАЗ-М мощностью 50 л.с., обеспечивающим скорость по дороге до 90 км/ч. После войны этот легковой вездеход трудился в армии, МВД, сельском хозяйстве. Судьба ГАЗ-67 удивительна: этот автомобиль – «солдат» Великой Отечественной, первый автомобиль, совершивший парашютное десантирование с самолета Ту-2. На базе ГАЗ-67 была создана легковая амфибия (НАМИ-011), которая работала на дрейфующей полярной станции СП-2. ГАЗ-67Б поднялся на Эльбрус к «Приюту одиннадцати», его покупали в Восточной Европе, Китае, Северной Корее и даже в Австралии. В 1953 г. на смену ветерану ГАЗ-67 пришел не менее знаменитый автомобиль ГАЗ-69. Специалисты ООО «Газпром трансгаз Уфа» восстановили ГАЗ-67 до работоспособного состояния и даже перевели его на КПП.

МЕТАИнфо

Автономное газоснабжение на СУГ – эффективное решение в энергообеспечении регионов РФ («Круглый стол» в Торгово-промышленной палате РФ, 21.09.2009 г.)

Independent gas supply on LPG – an effective solution in power supply of the Russian Federation regions
(«Round Table», Russian Chamber of Commerce and Industry, 21.09.2009)



А.А. Ким,
начальник управления отраслевых программ ОАО «Газэнергосеть»

Сжиженный углеводородный газ (СУГ) в настоящее время является одним из самых популярных видов топлива в мире. В России СУГ занимает второе место по показателю эффективности после магистрального природного газа. С учетом разветвленной инфраструктуры производства, транспортировки и хранения, использование СУГ является экономически верным решением при газификации удаленных от магистральных газопроводов объектов.

21.09.2009 г. в Торгово-промышленной палате России состоялся «круглый стол» на тему: «Автономное газоснабжение на СУГ – эффективное решение в энергообеспечении регионов РФ». Эта тема уже не в первый раз рассматривается Комитетом по энергетической стратегии и развитию ТЭК ТПП РФ. Для повышения уровня газификации регионов нашей страны необходимо и целесообразно газифицировать объекты, отдаленные от магистральных газопроводов с помощью систем автономного газоснабжения на СУГ. Это идея стала основной в выступлениях участников «круглого стола».

В работе заседания приняли участие президент Союза нефтегазопромышленников России Г.И. Шмаль,

представители Комитета по энергетике Государственной Думы РФ, администраций регионов РФ, ОАО «Газпром», ОАО «Газэнергосеть». С докладами о перспективах развития данного направления и реализации проектов автономной газификации выступили: зам. генерального директора по производственно-технической части ОАО «Газэнергосеть» М.И. Коцур, зам. генерального директора по реализации СУГ ОАО «Газэнергосеть» Д.А. Мионов, начальник управления отраслевых программ ОАО «Газэнергосеть» А.А. Ким, генеральный директор ООО

«Химгазкомплект» Л.А. Жирнов. В обсуждении приняли также участие советник президента ОАО «Газпром промгаз» А.И. Гриценко, зам. начальника департамента энергетики Липецкой области С.Б. Цибулин, президент НПФ «Экип» А.И. Савицкий.

При обсуждении проблем газификации регионов было отмечено, что автономное газоснабжение (АГС) является важным дополнением системы магистрального газоснабжения. АГС обладает высокой надежностью и долговечностью, у нее также отсутствуют технические ограничения потребления газа. Кроме того, автономная газификация выгодна и экономически: ее установка, монтаж, эксплуатация быстро окупаются.

СУГ – это продукт, получаемый в результате переработки нефти и попутных газов нефтяных и газовых месторождений. В настоящее время СУГ имеет широкий диапазон применения. Сформировались четыре основных сегмента использования





сжиженных углеводородных газов: коммунальный, промышленный сектор, транспорт и нефтехимия. Возвращаясь к преимуществам СУГ, нельзя забывать о таких его аспектах, как экологичность и экономичность. Не зря во всем мире СУГ называют «социальным топливом». В сравнении с бензином и дизельным топливом использование СУГ дает в три раза меньше угарного газа, в 1,6 раза – канцерогенных углеводородов, состоящих из частиц несгоревшего топлива, в 1,2 раза – двуокси азота. Что касается экономичности, то себестоимость 1 кВт·ч тепловой энергии, полученного на СУГ, почти в два раза меньше, чем на дизельном топливе.

Нельзя забывать, что система автономного газоснабжения – технически локальная. Состоит из резервуарного парка, газопровода низкого давления,

системы безопасности. Применяется как для жилых, так и для промышленных объектов. А капитальные вложения для строительства систем автономного газоснабжения – гораздо ниже, чем затраты на строительство магистрального газопровода.

По итогам обсуждения в рамках «круглого стола» была создана рабочая группа, которая выработала следующие рекомендации для органов федеральной и региональной исполнительной власти о целесообразности применения на территории РФ систем автономного газоснабжения:

- Включить автономное газоснабжение на альтернативных видах топлива (СУГ, СПГ) в Федеральные программы газификации жилищно-коммунального хозяйства, промышленных и иных организаций. Инфра-

структуру обеспечения топливом и объекты автономного газоснабжения включить в Единую систему газоснабжения.

- Для успешной реализации Государственной программы утилизации попутных нефтяных газов (ПНГ) и снижения вредных выбросов в атмосферу использовать компоненты ПНГ после переработки (сепарации) на газоперерабатывающих заводах в системах автономного газоснабжения.

- Использовать автономное газоснабжение на альтернативных видах топлива (СУГ, СПГ) в качестве резервных источников топливообеспечения на социально значимых и экономически важных объектах в субъектах РФ.

- Рассмотреть целесообразность утверждения на законодательном уровне вопросов определения льготных арендных платежей за земельные участки, на которых расположены объекты инфраструктуры для хранения и использования СУГ (газонаполнительные станции), а также объекты автономного газоснабжения.

- Установить специальные льготные тарифы для транспортировки СУГ, рассматривая его в системе газоснабжения РФ, как основной или резервный вид топлива.

- Использовать государственно-частное партнерство, как универсальный механизм привлечения инвестиций в инфраструктурные проекты для развития автономного энергообеспечения регионов.



Вниманию авторов статей

В связи с тем, что редакция журнала «Транспорт на альтернативном топливе» готовится к включению издания в Перечень ВАКа, просьба ко всем авторам строго выполнять следующие требования при подготовке статей к публикации:

1. Все научно-технические статьи должны иметь **заголовок, ФИО авторов полностью, их должнос-**

ти, адрес и контакты (e-mail, телефоны), аннотации, ключевые слова на русском и английском языках.

2. Все английские тексты следует набирать только строчными буквами, сохраняя начальные прописные буквы в именах собственных.

3. Авторы остальных публикаций (информационных, рекламных и т.д.) представляют на английском языке **те же составляющие статей (см. п. 1), за исключением аннотаций и ключевых слов.**

7-я Международная специализированная выставка оборудования и технологий для газораспределения и эффективного использования газа «GasSUF-2009», 13-15.10.2009 г., МВЦ «Крокус Экспо», Москва

The 7th international specialized exhibition of equipment and technologies for gas supply and effective usage of gas «GasSUF-2009», October 13-15, 2009 IEC Crocus Expo, Moscow, Russia

В Москве 13-15.10.2009 г. прошла 7-я Международная специализированная выставка «GasSUF-2009» оборудования и технологий для газораспределения и эффективного использования газа.

Организаторы выставки – ЗАО «МВК», ОАО «Газпром», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ОАО «Газпром промгаз», Национальная газомоторная ассоциация (НГА).

Экспозицию представили около 80 компаний из России, Австрии, Белоруссии, Бельгии, Германии, Италии, Литвы, Польши и Украины. По предварительным данным, выставку в МВЦ «Крокус Экспо» посетили более 5000 чел.

В официальной церемонии открытия «GasSUF-2009» приняли участие член правления ОАО «Газпром», начальник Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа Олег Аксютин, исполнительный директор НГА Виктор Стативко, заместитель генерального директора ОАО «КАМАЗ» Ирек Гумеров, руководитель аппарата президента МТПП Владимир Лаврухин.

В рамках выставки состоялся торжественный отъезд путешественника Райнера Цитлоу на газобаллонном автомобиле с другими участниками международного автопробега «EcoFuel-Eurasia».

Команда Райнера Цитлоу, минув Нижний Новгород, Казань, Челябинск, Омск, Новосибирск и Томск, прибыла в ночь на 20 октября в Красноярск. Дочерние общества ОАО «Газпром», базирующиеся в Санкт-Петербурге, Москве, Нижнем Новгороде, Казани, Екатеринбурге, Томске, обеспечивали заправку автомобилей, участвующих в автопробеге, на АГНКС компримированным природным газом (КПГ).

21.10.2009 г. команда Райнера Цитлоу отправилась в направлении Иркутска. 25 октября она добралась до Владивостока, а оттуда на пароме была доставлена в Южную Корею.

Автопробег на газобаллонном автомобиле «Volkswagen Caddy Maxi EcoFuel» стартовал 5.10.2009 г. в Лиссабоне (Португалия) и финишировал 26 октября в Донгхэ (Южная Корея). Большая часть маршрута проходила по Амурской трансконтинентальной автомагистрали Москва–Владивосток, самой длинной в России дороге протяженностью более 10 тыс. км.

Главным событием деловой программы выставки стало координационное совещание ОАО «Газпром» по вопросам организации серийного производства автомобильной и сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе. Выступая на совещании с докладом, начальник Департамента ОАО «Газпром» Олег Аксютин отметил высокий интерес международных производителей автотранспорта к



Райнер Цитлоу перед стартом автомобиля «Volkswagen Caddy Maxi EcoFuel»



серийному выпуску газобаллонных автомобилей. На сегодняшний день мировой парк таких автомобилей превышает 10 млн. ед., а объемы потребления газа на транспорте увеличиваются на 20-25% в год.

Докладчик подчеркнул, что интерес к газу, как к заправочному топливу, растет и в России. В стране уже сложилась основа газозаправочной инфраструктуры: построены 236 АГНКС, 199 из которых принадлежат «Газпрому». В 2008 г. через сеть АГНКС было реализовано более 330 млн. м³ природного газа. В связи с неослабевающим вниманием потребителей к газу, как к альтернативному топливу, ОАО «Газпром» даже в

непростых условиях мирового экономического кризиса продолжает расширять сеть АГНКС. В частности, компания ведет строительство и подготовку к сдаче в эксплуатацию еще 11 станций.

Олег Аксютин особо отметил, что перевод различных видов транспорта на природный газ в России является задачей государственного масштаба. Это один из серьезных факторов повышения эффективности реализации проектов в целом ряде отраслей промышленности, а также национальных проектов «Здоровье», «Развитие аграрно-промышленного комплекса» и «Доступное и комфортное жилье» за счет су-

щественного сокращения затрат на автомобильное моторное топливо, уменьшения степени негативного влияния технических средств на окружающую среду.

Актуальным вопросом также является создание отечественного парка городских, междугородних, сельских и школьных автобусов, работающих на природном газе. В связи с этим на сегодняшний день одним из приоритетных вопросов является ускорение принятия на федеральном уровне законодательных инициатив, стимулирующих использование альтернативных видов моторного топлива в России, рост промышленного серийного производства автомобилей, работающих на природном газе, и активную газификацию отечественного автотранспорта.

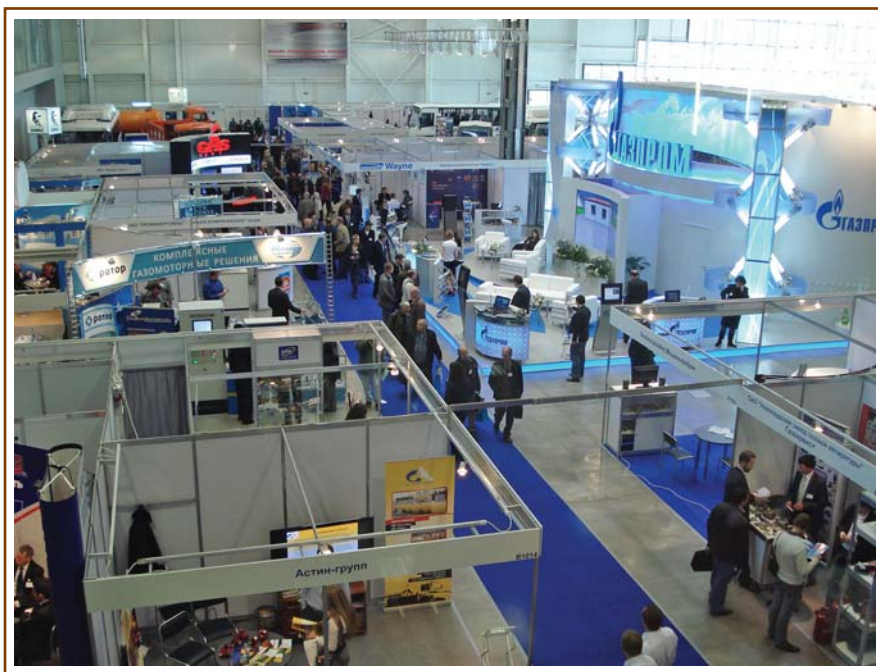
В совещании приняли участие более 300 чел. Среди них – представители руководства различных Министерств, в частности транспорта, энергетики, сельского хозяйства и регионального развития, а также Ростехнадзора, Объединения автопроизводителей России, НГА, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», НАМИ, МАДИ, МАМИ, ОАО «РЖД», ОАО «КамАЗ», Группы «ГАЗ», ОАО «СОЛЛЕРС» и др.

14.10.2009 г. состоялась Международная конференция «Криогенные технологии и оборудование для газификации объектов промышленности, ЖКХ и транспорта». Она привлекла внимание многих участников и гостей выставки, специалистов газовой отрасли.

Завершила деловую программу выставки 15.10.2009 г. Международная конференция «Современные газозаправочные и газоиспользующие технологии».

Впервые в выставке приняла участие компания «Dresser Wayne» (Швеция). На протяжении последних 30 лет технологии «Dresser Wayne» в области компримированного природного газа (КПГ) неразрывно связаны с Россией. Компания «Dresser Wayne» – это 100-летний опыт работы в области КПГ.





Компания представила газораздаточную колонку для отпуска КПГ (модель GLOBAL STAR), а также компрессор серии 2BVTN, являющийся одним из основных компонентов всех установок CUBOGAS (это установка для КПГ до давления в 250 бар).

Компания «КамАЗ» представила на выставке свои новейшие разработки в области производства автомобилей на газовом топливе и сопутствующую технику. В первую очередь, это перспективная разработка – городской полунизкопольный автобус «НЕФАЗ-5299-30-31» с газовым двигателем, соответству-

ющим стандартам «Евро-4». Экономичность, удобство в эксплуатации, высокая степень экологичности при относительно низкой стоимости выгодно отличают эту модель от аналогов отечественных и зарубежных производителей. В качестве образца строительной техники, работающей на альтернативном топливе, на выставке был представлен самосвал с трехсторонней разгрузкой «КамАЗ-65115-30». Модель получила силовой агрегат «КамАЗ 820.60-260», мощностью 260 л.с.

Как образец специальной техники, на выставке была представ-

лена вакуумная машина КО-505А на шасси КамАЗ-65115-30. Оснащение такого автомобиля газовым оборудованием повышает его экономичность и позволяет использовать в населенных пунктах без ущерба для их экологии.

На стенде компании «Русские Автобусы – Группа Газ» были представлены «ЛиАЗы» с газовыми баллонами на крышах, которые обеспечивают экономию эксплуатационных издержек в два раза. Павловский автобусный завод из Нижегородской области («Группа ГАЗ») представил автобус малого класса «ПАЗ 3204», работающий на КПГ. Новую модификацию могут использовать как муниципальные, так и коммерческие перевозчики для работы на городских и пригородных маршрутах. «ПАЗ 3204» с газобаллонным оборудованием под полом укорочен по сравнению



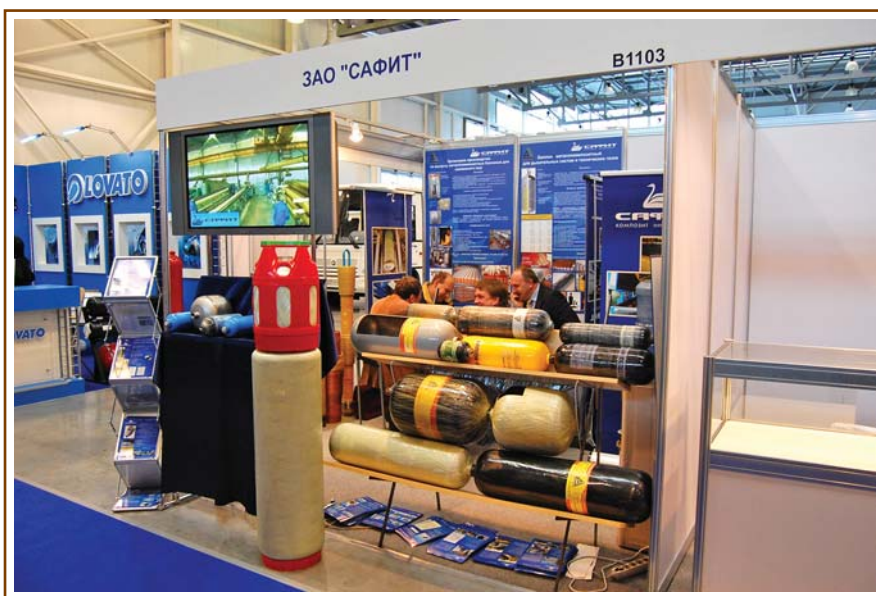
с базовой моделью на полметра и комплектуется двигателями типа «бензин-газ», работающими как на КПГ, так и на сжиженном углеводородном газе (СУГ).

Участники выставки отметили высокий уровень подготовки, проведения и технической оснащенности мероприятия, актуальность проведенной деловой программы.

Международная выставочная компания выражает благодарность всем участникам и посетителям выставки. Мы работаем для успеха и процветания Вашего бизнеса!

В 2010 г. выставка пройдет с 14 по 17 сентября в КВЦ «Сокольники».

**До встречи
на GasSUF – 2010!**





О вступлении в члены НГА

Руководство некоммерческого партнерства «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА) приглашает предприятия топливно-энергетического комплекса, машиностроительные предприятия, инжиниринговые компании, научные и учебные заведения, занимающиеся вопросами газификации транспорта и развития газозаправочных сетей, вступить в члены НГА с целью повышения эффективности своей работы.

Для этого необходимо направить в НГА по адресу 115304, Москва, ул. Луганская, д. 11 следующие документы:

- Заявление о вступлении в члены НГА
- Подтвержденное ознакомление с уставом НГА
- Почтовые и банковские реквизиты



Контактные телефоны:
(495) 647-03-07,
Забалуева Ольга Николаевна;
(495) 321-50-44
E-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru
olgazabalyeva@mail.ru

www.ngvrus.ru

Перспективы продления международных транспортных «Голубых коридоров» Россия–Европа с использованием природного газа в качестве моторного топлива

Е.Н. Пронин,

зам. начальника управления ОАО «Газпром»,

Р.О. Самсонов,

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

И.Ф. Маленкина,

начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

В настоящее время природные, трудовые, производственные, сельскохозяйственные, финансовые и прочие ресурсы распределены по планете неравномерно. Производство и обмен товарами и услугами (торговля) привели к формированию интегрированных производственно-обменных центров, связанных между собой различными торговыми путями. В современной экономике эти торговые пути называются Международными транспортными (критскими) коридорами. Концептуально они аналогичны древним торговым путям: шелковому, ганзейскому, янтарному и т.д.

Ключевые слова: моторное топливо, голубой коридор, КПГ.

Prospects for Expansion of International Transport Corridors Russia–Europe with the Use of Natural Gas as Motor Fuel

E.N. Pronin, R.O. Samsonov, I.F. Malenkina

Natural, labor, industrial, agricultural, financial and other resources are spread throughout the nations of the world unevenly. Production & exchange of goods and services (the trade) have lead to the formation of integrated production-exchange centers connected by the transportation routes. In modern economy major trade routes, for instance in Europe, have been termed 'International Transportation (or Crete) Corridors'. Conceptually they are similar to the ancient Silk, Hansa or Amber ways (routes).

Keywords: motor fuel, Blue Corridor, CNG.

Основываясь на этих коридорах, в 2002 г. международная экспертная группа предложила создать «Голубые коридоры» для международного пассажирского и грузового автомобильного сообщения на авто-

бусах и грузовиках, использующих в качестве моторного топлива компримированный и/или сжиженный природный газ (КПГ или СПГ).

Как многим известно, проект «Голубой коридор» был поддержан в ЕЭК

ООН (2002 г.) и на саммите Большой восьмерки в г. Санкт-Петербург (2006 г.).

Международная экспертная группа под эгидой Европейской газомоторной ассоциации (в настоящее время Газомоторная ассоциация Европы) рекомендовала для реализации три «Голубых коридора»: Хельсинки – Санкт-Петербург – Москва; Москва – Минск – Варшава – Берлин; Берлин – Рим. Некоторое время спустя совместная группа ОАО «Газпром» и «Э.ОН Рургаз» предложила добавить еще один «Голубой коридор»: Калининград – Берлин.

Проект «Голубой коридор» представляет собой концепцию, философию перехода от традиционных бензина и дизельного топлива к экологически и экономически более благоприятному альтернативному топливу – компримированному и сжиженному природному газу.

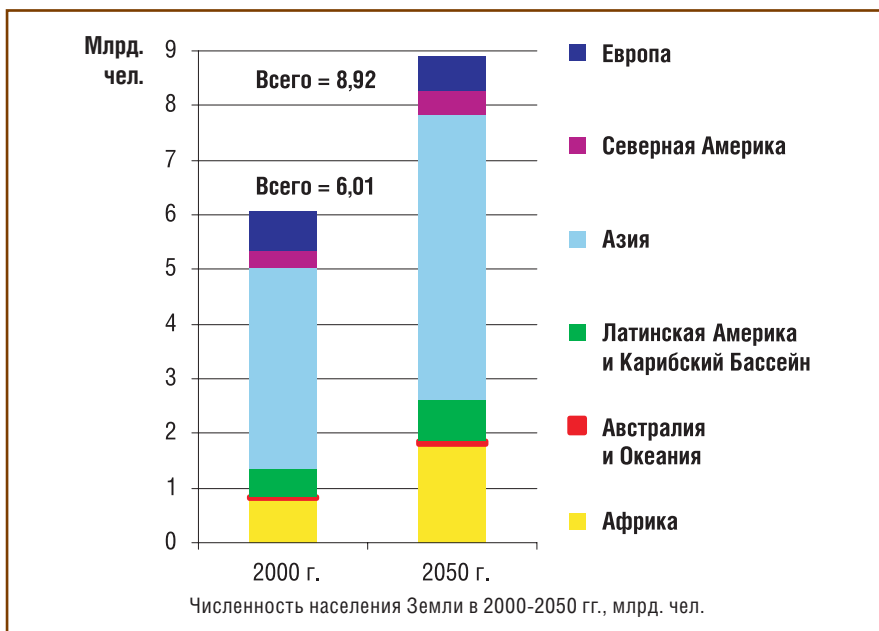
Концепция «Голубых коридоров» не является исключительно европейской. Этот подход применим в любой части света. Проект «Голубой коридор» – инфраструктурный, он подразумевает развитие газомоторного рынка вдоль существующих и будущих торговых газифицированных маршрутов и путей.

Рост численности населения является ключевым фактором глобального экономического развития. По данным Департамента населения ООН, в первой половине XXI в. население Земли может вырасти в 1,5 раза – с 6 до 9 млрд. человек.

Демографические прогнозы различных источников могут отличаться. Однако большинство из них единодушно утверждает, что лидерство будет удерживать Азия: в 2000 г. на ее долю приходился 61% мирового населения, а в 2050 г. здесь будут проживать 59%.

В процентном отношении первое место займет Африка: к 2050 г. ее население может вырасти до 2 млрд. чел., что составит 250%-ный рост относительно сегодняшних 800 млн. чел.

Темпы роста численности населения в Австралии, Океании, Север-



транспортных мощностей на земле, в воздухе и на воде. В частности, мировой автомобильный парк может уже к 2030 г. вырасти с сегодняшних 800 млн. до 3 млрд. ед.

Национальные и региональные уровни автомобилизации населения (количество личных автомобилей на 1000 чел.) продолжают рост, хотя он и не будет равномерным по всему миру. По имеющимся прогнозам, до 2020 г. среднегодовой рост автомобилизации составит 10%. При этом в индустриальных странах он будет равен 6%, а в развивающихся – 40%.

Рост численности населения, экономическое развитие, включая растущие потребности в мобильности, неизбежно повлекут за собой увеличение спроса на топливо и энергию. Международный энергетический обзор 2008 г. предполагает, что с 2005 по 2030 гг. глобальное

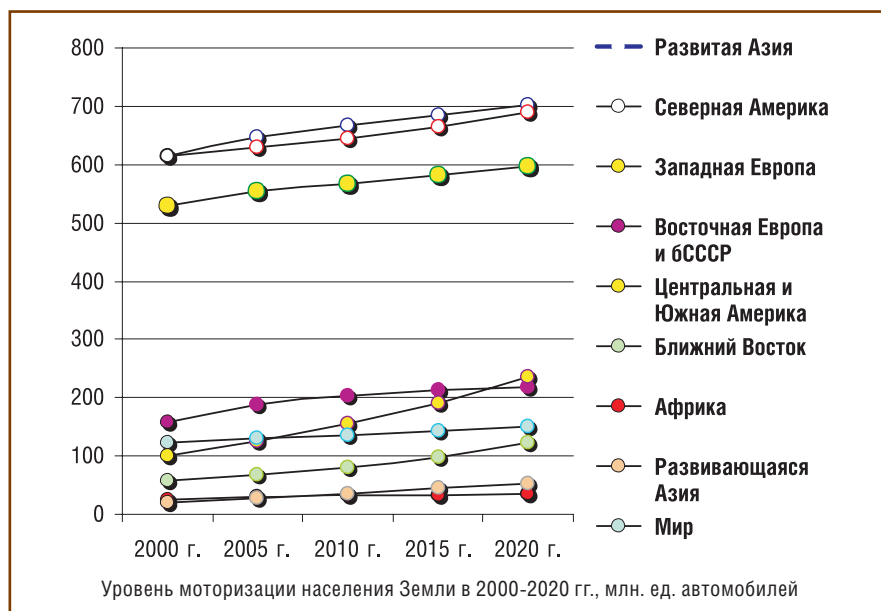
ной и Южной Америке сохранятся примерно на сегодняшнем уровне, и число жителей на этих континентах вырастет на 42-48%. В абсолютном выражении эти цифры несравнимы с прогнозами по другим регионам.

А вот Европа обречена на потерю 13% населения. Одной из причин этого будет трудовая миграция в регионы с развивающейся экономикой.

В предстоящие десятилетия лидерство Азии в росте численности населения будет сопровождаться впечатляющим ростом экономического развития. Согласно прогнозам, к 2050 г. в Азии будет производиться половина мирового валового продукта.

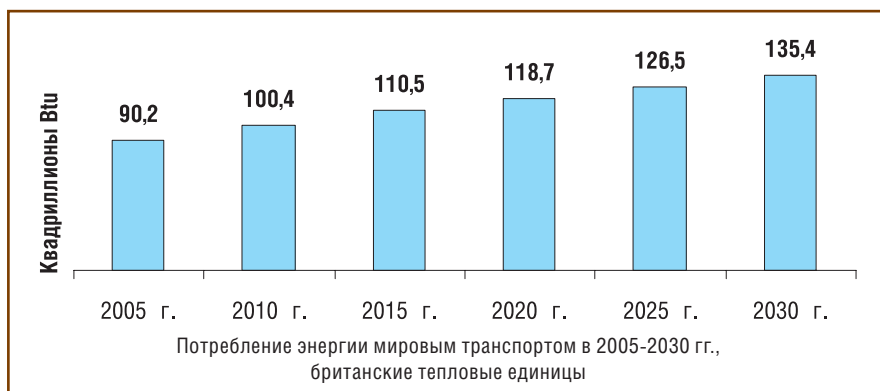
Государства Европы и Северной Америки, хотя и сохраняют свою экономическую значимость, однако, сократят свою долю в мировом валовом продукте.

Глобальный валовой продукт к 2050 г. вырастет относительно 2005 г. в четыре раза. Глобальное экономическое развитие потребует новых



Регион	ВВП 2005		ВВП 2050		Изменения, разы
	Млрд. долл. США	% от мирового	Млрд. долл. США	% от мирового	
Азия	9 884	29,1	64 135	48,9	6,5
Северная Америка	11 891	35,0	40 260	30,7	3,4
Европа	9 323	27,5	19 064	14,5	2,0
Австралия и Океания	600	1,8	4 540	3,5	7,6
Южная Америка	1 213	3,6	1 507	1,1	1,2
Центральная Америка	591	1,7	822	0,6	1,4
Африка	329	1,0	714	0,5	2,2
Ближний Восток	109	0,3	70	0,1	0,6
Мир	33 940	100,0	131 112	100,0	3,9





потребление энергии может увеличиться на 50%.

Аналогичный 50%-ный рост на топливо ожидается в транспортном секторе мировой экономики. Также предполагается, что к 2030 г. доля жидких нефтяных моторных топлив в мировом топливном балансе транспорта снизится с 37 до 33%. Бензин и дизельные моторные топлива постепенно будут замещаться другими энергоносителями, включая природный газ и биометан.

Долгосрочные демографические и экономические прогнозы дают основания для предположения, что в ближайшие годы более интенсивно мировой энергетический сектор будет развиваться на азиатском субконтиненте.

Очевидно, что в настоящее время общая афро-евразийская газотранспортная схема наиболее развита в

европейской части. Высокая плотность населения, деловая активность, концентрация финансов в течение многих десятилетий позволили европейцам инвестировать огромные финансовые ресурсы в энергетическую инфраструктуру.

Только относительно недавно африканские и азиатские страны начали крупные газовые проекты, в частности, в области наземного транспорта газа. Новые газопроводы – планируемые и строящиеся – в Африке, Европе и в основном в Азии позволят сомкнуть национальные и региональные газотранспортные коридоры в единую афро-евразийскую газотранспортную систему от Токио до Лондона, от Мурманска до Абуджи.

Целостный, бесперебойный межконтинентальный поток природного газа открывает возможность продле-

ния европейских «Голубых коридоров» на дальний Восток, в юго-восточную Азию и до экваториальной Африки.

«Голубые коридоры» – не пустая надежда или бесплодные усилия. Экономическая и экологическая целесообразность эксплуатации газобаллонных автомобилей на природном газе при дальнем сообщении доказана во многих странах. Так, например, в России в 2008-2009 гг. были организованы автопробеги «Голубой коридор» от Санкт-Петербурга до Сочи. Метановые автомобили заводского производства прошли дистанцию общей протяженностью 2300 км без поломок и дорожно-транспортных происшествий.

Газовые автомобили при автопробегах эффективно и безотказно работали не только на равнинной местности, но и в горах.

Мы уверены: для широкого внедрения природного газа в качестве газомоторного топлива на транспорте подобные автопробеги необходимо организовывать и в других странах и частях света. Ключевую роль в этих мероприятиях должны играть национальные и региональные газомоторные ассоциации совместно с газовыми и автомобильными компаниями.

Огромное рекламное мероприятие проведено группой компаний, спонсировавших в 2006 г. кругосветное турне автомобиля «VW Caddy», работающего на КПГ.

Необходимо особо подчеркнуть, что концепция «Голубых коридоров» применима не только к автомобильному, но и к железнодорожному, воздушному, водному и другим видам транспорта.

Уже достаточно много было написано и сказано об использовании сжиженного природного газа в авиации. В конце 1980-х гг. в Советском Союзе была успешно испытана летающая лаборатория ТУ-155 сначала с двигателем на сжиженном водороде, а затем на СПГ.

На морских и речных судах СПГ применяется уже в течение нескольких десятилетий.



Голубые коридоры для всех видов транспорта



Новой областью применения природного газа является использование газотурбинных локомотивов на СПГ. Испытания такого локомотива начались в России в начале 2009 г. Опытный газотурбовоз легко провел состав общей массой 15 тыс. т. В недалеком будущем эта технология может быть применена в железнодорожном сообщении между Россией и Аляской.

Следует упомянуть еще один аспект. Природный газ – переходный этап, мост к еще более чистым видам моторного топлива. Для классифика-

ции различных видов топлива можно использовать следующую палитру:

- сегодня планету пересекают «Красные коридоры», в которых используются традиционные виды топлива: **бензин, дизельное топливо и авиационный керосин;**

- национальные и международные «Голубые коридоры» с применением **КПГ и СПГ** инициированы в Европе, Азиатско-Тихоокеанском регионе и в Латинской Америке в 1999 г.;

- «Зеленые коридоры», в которых основным моторным топливом

должен стать **биометан**, созреют в ближайшие 10 лет (они уже зарождаются в Швейцарии и Швеции);

- «Белые коридоры» для автомобилей на **водороде** могут стать реальностью через 20-25 лет, например, с 2003 г. в Норвегии реализуется проект HyNor («Водородный Север») – трасса от Ставангера до Осло.

Рост численности населения, потребления энергии и уровня автомобилизации, развитие промышленности, в первую очередь в Азии, будут неизбежно стимулировать расширение существующих европейских «голубых», «зеленых» и «белых» коридоров на юг и восток. Это рост будет сопровождаться широким развитием региональных энергетических комплексов, включая инфраструктуру добычи, транспортировки, хранения, переработки и распределения природного газа.

Всего 86 км Берингова пролива отделяют афро-евразийские транспортные коридоры от американских. Эти 86 км представляются мизерной величиной в сравнении с 69 млн. км асфальтированных дорог, опоясавших весь земной шар. Однако это звено откроет новое измерение для глобального социально-экономического прогресса. Непрерывные «голубые», «зеленые» и «белые» коридоры замкнут транспортное кольцо между четырьмя частями света из шести и соединят 99% населения планеты.

Вывод из сказанного следующий: проект «Голубой коридор», инициированный в России в 1999 г., имеет все основания для дальнейшего развития. В будущем следует:

- включить в проект, кроме автомобильного транспорта, железнодорожный, воздушный и водный виды транспорта;

- использовать в качестве альтернативного топлива не только природный газ, но, как минимум, биометан, водород и другие виды топлива;

- выйти за рамки сегодняшних географических границ.

Мы должны увидеть большую картину. Глобальную!

Мировые Голубые Коридоры



В Польше впервые прошел пробег автомобилей, работающих на СУГ

Held in Poland The First Green Convoy tour promoting vehicles powered by LPG was a great success

14-16.09.2009 г. впервые в Европе состоялся автопробег газобаллонных автомобилей, переоборудованных для работы на сжиженном углеводородном газе (СУГ). В автопробеге, названном «Зеленый конвой», участвовали 12 автомобилей ведущих мировых производителей – «BMW», «Fiat», «Ford», «Lexus», «Opel», «Peugeot», «Renault», «Volkswagen», «Volvo» и других. Автопробег сопровождала автоцистерна для перевозки СУГ «Volvo FM9».

В автопробеге участвовали 15 польских и зарубежных экспертов, в том числе представители МАДИ из России. Это масштабное мероприятие было организовано редакцией польского ежеквартального технического журнала «Jazdy za grosze...» («Езда за гроши»), посвященного проблемам газового топлива (www.jazdazagrosze.com.pl).

Целью «Зеленого конvoja» являлась пропаганда применения СУГ в качестве газомоторного топлива, как самого экономичного и экологически чистого топлива.

Автопробег стартовал 14.09.2009 г. в Гданьске и продолжался три дня. Маршрут «Зеленого конvoja», протяженностью 1000 км, проходил через крупные промышленные города Западной Польши: Познань, Вроцлав, Катовице и завершился 16.09.2009 г. в Варшаве. В городах, через которые проходил маршрут автопробега, были проведены пять конференций по теме «LPG – чистый воздух и экономия 60 млрд. евро». В конференциях приняли участие 400 специалистов, которые обсудили наиболее актуальные вопросы внедрения газомоторного топлива. Основное внимание было уделено проблемам экологии и экономики,

новых технологий перевода автомобилей на газ, подготовки специалистов, создания дорожного атласа газового топлива.



Во время остановок проводились выставки образцов газобаллонных автомобилей и оборудования.

В ходе автопробега с наименьшей эмиссией отработавших газов и экономичным расходом СУГ рекомендовали себя автомобили «Ford Mondeo», «Lexus RX300» с оборудованием впрыска газа STELLA OBD, джип «Grand Cherokee», оснащенный электроникой фирмы «A.E.V.».

Пробег успешно финишировал в Варшаве, где на площади Конституции была развернута широкая экспозиция газобаллонных автомобилей и газового оборудования для них. Одновременно прошла заключительная конференция, в которой участвовало около 200 человек. Участники конференции высоко оценили значимость этого мероприятия, которое будет способствовать дальнейшему развитию в Европе внедрения альтернативных видов моторного топлива на автотранспорте и в первую очередь – газообразных.



Новости из-за рубежа News from abroad

Латинская Америка:

Победный марш метана

■ В целях ускорения организации заводского производства метановых автомобилей в Боливии под эгидой министерства нефти, газа и энергетики создан фонд, 93% средств которого будут направлены на дооборудование новых автомобилей газовой топливной аппаратурой, а 7% пойдут на переоборудование автомобилей, уже находящихся в эксплуатации.



■ Национальный банк Аргентины выпустил кредитную карту NATIVA, предоставляющую желающим 10%-ную скидку на переоборудование личного автомобиля на метан.

■ 24-26.09.2009 г. в столице Перу Лиме состоялся первый Латиноамериканский газомоторный саммит. Международную конференцию сопровождала выставка оборудования для заправки и использования природного газа в качестве моторного топлива. На конференции финансовая группа «COFIDE» представила национальную программу финансирования перевода транспорта на метан.

■ Мэр города Вольта Редонда и губернатор штата Рио-де-Жанейро (Бразилия) открыли новую АГНКС. Мэрия переводит на КПГ 150 муниципальных автомобилей со средним пробегом 3,5-4,5 тыс. км в месяц. Экономия затрат по топливу (а именно такова главная цель проекта) составит до 250 тыс. долл. США в год.

МЕТАИнфо

Литва:

Красный стык

для «Голубого коридора»

9.09.2009 г. на литовско-российской границе – Шакаяйский район (Литва) и Калининградская область (Россия) – состоялась торжественная церемония сварки так называемого «красного», то есть пограничного, стыка газопровода Минск – Вильнюс – Каунас – Калининград, который призван увеличить существующие мощности газотранспортной системы и обеспечить потребителям Калининградской области подачу природного газа в объеме до 2,5 млрд. м³ в год. Потребности развивающейся экономики янтарного края в природном газе с запасом перекрыты новым газопроводом. Теперь в самый западный субъект Российской Федерации через Шакаяйскую ГИС можно подавать до 480 тыс. м³ природного газа в час.

Основные участники проекта – с российской стороны ОАО «Газпром», ООО «Газпром запад инвест», ОАО «Ленгазспецстрой» и с литовской стороны АО «Лиеувос дуйос», АО «Кауно дуйотеке статиба» – меньше чем за год построили новую нитку газопровода общей протяженностью 157,6 км диаметром труб от 500 до 700 мм и рабочим давлением 54 атм. Это – первая очередь пускового комплекса. Вторая будет открыта в 2010 г. На праздник к газовикам приехали артисты из Белоруссии, Литвы и России.

Ввод новых газотранспортных мощностей открывает перспективы для дальнейшего развития газомоторного рынка в балтийском регионе. До 1990 г. в Латвии, Литве и Эстонии были



построены девять АГНКС. В Калининградской области пока еще не было ни одной заправки. По данным Европейской газомоторной ассоциации в Латвии сегодня работают четыре и в Литве две метановые заправочные станции. 25.08.2009 г. в Таллинне открылась первая (после 1990 г.) АГНКС общего пользования. Цена природного газа для автомобилей составляет 0,68 евро за 1 кг.

Увеличение поставок природного газа в Калининградскую область и ее уникальное географическое положение позволяют расширить рамки проекта «Голубой коридор» и продлить участок Калининград – Берлин через Литву, Латвию и Эстонию до Санкт-Петербурга. Таким образом, балтийский участок будет состыкован с коридорами «Хельсинки – Санкт-Петербург – Москва» и «Берлин – Рим».

Развитию газомоторного рынка в регионе может способствовать также и режим особой экономической зоны, предоставляемый предприятиям-инвесторам в Калининградской области. Уже сегодня в области сложились основные предпосылки для организации производства и сборки автомобильной газовой топливной аппаратуры, автомобильных газонаполнительных компрессорных станций и газобаллонных автомобилей. Сухопутные участки исторических торговых маршрутов «Ганзейский путь» и «Янтарный путь» могут в современных условиях стать частью общеевропейского «Голубого коридора».

МЕТАИнфо

США:

Метановый автотранспорт для бюджетников

В существующую в Америке программу «Чистые города», на реализацию которой в соответствии с Законом США «О восстановлении экономики Америки и реинвестировании» выделяется 300 млн. долл., входят 25 проектов. В 19 из них включены работы по переводу транспорта на природный газ. Министерство энергетики США профинансирует приобретение бюджетными организациями более 9 тыс. автомобилей и техники на альтернативных видах топлива. Кроме

того, предусмотрены средства на строительство 542 заправочных объектов. Чиновники намерены обеспечить замещение альтернативными видами топлива 144 млн. л бензина в год.

3000 из вновькупаемых автомобилей (грузовики, автобусы, коммунальные машины и даже такси) будут работать на природном газе. При этом 2400 автомобилей – на КПГ и 600 – на СПГ. На бюджетные средства планируется построить 150 заправочных объектов для природного газа, включая 9 заправок для СПГ и три – для биометана.

Эти приятные новости сразу же повлекли за собой рост котировок акций компаний газомоторного сектора. Так, например, на бирже высокотехнологичных компаний «NASDAQ» бумаги компании «Westport Innovations» за два дня подскочили с 7,67 до 10,44 долл. США за акцию. Предполагается,



что канадская компания «Westport» имеет шанс прилично заработать на продажах 15-литрового двигателя GX и двигателя ISL G объемом 8,9 л. Похожий рост (с 10,73 до 12,78 долл. США) отмечен по акциям компании «Clean Energy Fuels Corp».

МЕТАИнфо

В Сингапуре открыта самая большая в мире АГНКС

В сентябре 2009 г. компания «Union Energy» запустила в эксплуатацию заправочную станцию, которая находится возле города Джуронг Ист.

Поставку всех технологий и проведение всех инженерно-технических работ этого проекта обеспечила аргентинская компания «GNC Galileo S.A.», которая является лидером по передовым технологиям в мире и пре-



доставляет полный спектр продукции по заправке автомобилей КПГ.

АГНКС занимает площадь 7 тыс. м² и имеет 46 заправочных постов. Что касается размеров станции, то она была отмечена в Книге рекордов Гиннеса как «самая большая в мире АГНКС», поэтому компания получила право использовать логотип Гиннеса.

Станция обслуживает как легковые автомобили, так и автобусы. Кроме того, на станции будет функционировать система «Виртуальный трубопровод», которая позволит транспортировать сжатый природ-

ный газ в районы, где нет возможности подключения к газораспределительным сетям.

Компания «Union Energy» посредством своего дочернего предприятия управляет парком такси из 1 тыс. автомобилей, переоборудованных на использование КПГ. На протяжении следующих полутора лет компания планирует приобрести как минимум еще 3 тыс. такси на природном газе. В настоящее время в Сингапуре переведены на природный газ около 4,2 тыс. автомобилей, что составляет 0,5% от всего автопарка страны.





Газовых заправок в Соликамске станет больше

Соликамские автолюбители и предприниматели (Пермский край), владеющие собственным автопарком, все чаще задумываются о переводе своих автомобилей на сжиженный углеводородный газ (СУГ). По данным компаний «Уралавтоком» и «Альфа-газ», занимающихся установкой и обслуживанием газобаллонного оборудования, в Соликамске и Березниках ежемесячно переоборудуются 10-15 автомобилей.

Различные цены на бензин стабильно растут, несмотря на кризис. С начала лета бензин марки Аи-92 подорожал почти на 20%, сейчас заправиться им можно по цене 21 руб. за литр, Аи-95 вырос на 15%, за литр 95-го придется заплатить 23,5 руб. При этом СУГ с начала года подорожал менее чем на 9%, его цена составляет сейчас 11,5 руб. за литр. Экономия, как говорится, налицо. И этот далеко не единственный плюс.

Согласно закону «о транспортном налоге», ИП и организации, переводящие свой транспорт на газ, платят лишь половину ежегодной транспортной пошлины. При использовании газа периодичность замены масла увеличивается в 1,8 раза, срок службы свечей возрастает в 1,5 раза, а токсичность отработавших газов снижается почти вдвое. Кроме того, переход на газ – это еще и защита от воровства топли-

ва своими же сотрудниками (в отличие от бензина, газ нельзя «слить»).

– Наше решение перейти на газ было связано с экономией средств, – рассказывает начальник соликамского СТЦ «РОС-ТО ДОСААФ» Владимир Гутяр. – Это позволило нам снизить плату за обучение, в то время как цены кругом только растут. К тому же соблазн слить бензин всегда был и остается. А жидкость под давлением в 16 атм из баллона не сольешь, это технически невозможно. После перевода на газ машины работают уже пять лет – это очень экономично, удобно и не вредит экологии.

– Конечно, ездить на газе более экономично, – говорит генеральный директор соликамской мебельной фирмы «Содружество» Сергей Апинис. – На СУГ дешевле на 30%, а на метане вообще получается рубль за километр. У меня «ГАЗель» на газовом топливе бегаёт – пока все нормально, меня устраивает.

Преимущества использования газомоторного топлива очевидны не только для потребителей, но и для компаний, работающих на топливном рынке. За последние несколько лет в Соликамске и Березниках уже появилось шесть новых газовых заправок, и их количество продолжает расти. Как сообщил начальник транспортного отдела ООО «Уралавтоком» Владимир

Иванов, в 2010 г. его компания намерена открыть вторую в Соликамске АГЗС. Компания «ГАЗ-Мастер», которой принадлежат газовые заправки в Красновишерске, Соликамске и Березниках, также просчитывает перспективы дальнейшего развития своей сети АГЗС. Березниковская компания «Альфа-газ» собирается открывать в Соликамске сервисный центр по установке ГБО. А пермская компания ЗАО «Фирма «Уралгазсервис» в 2009-2010 гг. планирует строительство в Пермском крае трех новых АГЗС, в том числе одну – в Соликамске.

Газовая тема интересует не только малый и средний бизнес, но и такого гиганта, как ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтепродукт»: по данным компании, парк автомобилей, которые работают на СУГ, составляет уже 8-10% от общего числа транспортных единиц. К концу 2009 г. газовыми блоками будут оборудованы шесть фирменных ЛУКОЙЛОВских АЗС в Перми, до 2012 г. в эксплуатацию будут введены 12 объектов, оснащенные новыми газовыми модулями. К Соликамску и Березникам компания пока присматривается: «Мы планируем развивать сеть АГЗС в регионе, однако, перспективность данного бизнеса будет определяться его рентабельностью, с одной стороны, и политикой государства или региональных администраций в отношении развития рынка газомоторного топлива, с другой стороны», – поясняет ведущий инженер отдела эксплуатации ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтепродукт» Юрий Литвинчук.

<http://vk-online.ru/news/news.php?ID=5431>

В Якутске появится сеть газовых заправок

Недavno глава г. Якутск Юрий Заболев провел деловую встречу с делегацией АКБ «Интраст Банк» по вопросу создания сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в Якутске.

АКБ «Интраст Банк» занимается активным внедрением компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива в различных городах России, в том числе и в республике Якутия. Совместно с компанией «Сахаметан» уже реализован проект по строительству АГНКС в Якутске, и теперь на этой станции заправляется газовым топливом муниципальный автомобильный транспорт.

На прошедшем совещании начальник департамента клиентских отношений АКБ «Интраст Банк» Дмитрий Курочкин, генеральный директор ООО «Сахаметан» Александр Измestьев, глава Якутска Юрий Заболев, его первый заместитель Виктор Авксентьев, заместители Сергей Визир, Георгий Иванов и начальник управления предпринимательства, промышленной политики и транспорта Кирилл Павлов обсудили варианты сотрудничества и возможность создания в Якутске сети АГНКС. В этом совещании принял участие официальный представитель компании «GDF Sues» (Франция) в России Ксавье Пере.

В рамках трехстороннего соглашения «О расширении использования природного газа в качестве моторного топлива» между «Интраст Банком», «Сахаметаном» и Окружной администрацией, заключенного 15.07.2008 г., планируется строительство сети АГНКС в Якутске с целью обеспечения растущей потребности в КПГ в качестве моторного топлива. Кроме того, планируется привлечение в проект французской компании «GDF Sues».

Благодаря деловому сотрудничеству многие муниципальные транспортные средства уже перешли на КПГ, включая недавно полученные 16 новых автобусов. В настоящее время разрабатывается программа полного перехода муниципально-го транспорта на газ в течение трех лет, ее реализация позволит значительно сократить расходы на топливо.

Источник: Эхо столицы (Якутск)



Микропроцессорная система управления газородным автомобилем с бортовым генератором водорода

Н.В. Бурцев,

аспирант Рыбинской Государственной Авиационной Технологической Академии (РГАТА) имени П.А. Соловьева,

В.А. Бурцев,

главный конструктор ООО «Газомотор-Р»

В данной статье рассматриваются общие вопросы создания принципиально новой многоуровневой микропроцессорной системы управления рабочим процессом многотопливного двигателя и варианты ее практической реализации на примере автомобиля «Соболь» с газовым двигателем ЗМЗ 40522, оборудованного бортовым генератором синтез-газа.

Ключевые слова: адаптивное управление, математические модели, микропроцессорные системы, двигатель внутреннего сгорания, синтез-газ, экология, топливная эффективность.

Microprocessor control system for methane-hydrogen vehicle with the on-board synthesis gas generator

N.V. Burtsev, V.A. Burtsev

This article describes common questions of designing an all-new microprocessor control system for multi-fuel engine and also the practical realisation of such system on the automobile «Sobol» with gas engine «ZMZ 40522», supplied with the on-board synthesis-gas generator.

Key words: adaptive control, mathematical models, microprocessor systems, internal combustion engine, synthesis gas (syngas), ecology, fuel efficiency.

Истощение запасов углеводородного топлива и ухудшение экологии ставят перед человечеством серьезные задачи по поиску эффективных технологий использования этого сырья, а также поиска нового альтернативного топлива. Одним из перспективных вариантов такого топлива является водород или водородсодержащие газовые смеси, получаемые при конверсии углеводородных топлив.

Поскольку основную долю углеводородного топлива на сегодня потребляет транспорт, то удобнее всего вопросы рационального использования водорода рассмотреть в этой области. Отметим, что попытки перевести двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на чисто водородное топливо ведутся давно, но заметных результатов не достигнуто, что связано со следующими причинами: автомобиль с водород-

ным ДВС имеет малый пробег, плохую динамику при выполнении требований по экологии, повышенную опасность и высокую стоимость, а самое главное – не создана инфраструктура водородных заправок [1]. Выход из этой ситуации можно найти, используя водород в составе синтез-газа, как инициирующую добавку, улучшающую качество сгорания моторного топлива. Синтез-газ можно получать непосредственно на борту транспортного средства, конвертируя часть основного топлива и используя его затем в качестве добавки к топливу, подаваемому в двигатель [2].

Практическая реализация двигателя, работающего на сжатом природном газе (КПГ) с добавлением фактически второго топлива – синтез-газа, требует создания принципиально новой многоуровневой микропроцессорной системы управления рабочим процессом многотопливного двигателя. Рассмотрим проблемы ее практической реализации на примере автомобиля «Соболь» с газовым двигателем ЗМЗ 40522, оборудованного бортовым генератором синтез-газа.

Экспериментальные работы на моторном стенде, которые были проведены на ОАО «ЗМЗ», показали, что добавки такого синтез-газа по своему физико-химическому воздействию на процесс сгорания равносильны добавкам чистого водорода. Однако выяснилось также, что при работе двигателя на больших нагрузках добавки водорода более 10-12% по объему резко ухудшают показатели двигателя, увеличивается содержание оксидов азота, снижается крутящий момент, двигатель начинает работать значительно жестче. Оставалось только одно – адаптировать известную технологию получения синтез-газа к новым условиям, то есть разработать компактную, дешевую, динамичную систему, способную работать совместно с ДВС, адаптируя параметры управления двигателем и генератором синтез-газа при изменении частоты вращения коленчатого вала (КВ) двигателя, нагрузки на него, внешних условий и т.п.

Упрощенная структурная схема газового двигателя со встроенным генератором синтез-газа показана на рис. 1.

Основная часть газового топлива подается непосредственно в газовый двигатель, а часть – на генератор синтез-газа (ГСГ), где метан преобразуется на катализаторе методом парциального окисления в синтез-газ, состоящий из 34% водорода, 16% CO, остальное – азот N и немного оставшегося метана (2,5%), а также CO₂ (2,8%). Охлажденный синтез-газ подается в воздушный ресивер ДВС, как второе топливо или как иницилирующая добавка к основному топливу. Величина замещения основного топлива синтез-газом, в общем случае, является величиной переменной и зависит от нагрузки на двигатель, режима его работы, частоты вращения КВ двигателя и прочих факторов.

Наши первые исследования в использовании синтез-газа в газовом ДВС показали, что задача эта очень непростая и зависит от множества тесно связанных между собой факторов:

- каталитические реакторы, а это основа генераторов синтез-газа, получались громоздкими, а время их запуска составляло более 30 мин, что неприемлемо для любого транспорта;

- микропроцессорные блоки управления газовым двигателем и ГСГ должны синхронно решать задачи по формированию топливной смеси из двух видов топлив и воздуха для обеспечения устойчивого горения ее в ДВС в зависимости от режимов работы двигателя и нагрузки на него;

- при запуске каталитического реактора во время розжига образуются дымные газы, которые отравляют двигатель и ухудшают его экологические показатели.

Понадобилась многолетняя работа, прежде чем был разработан генератор синтез-газа с приемлемыми характеристиками по производительности, времени розжига (готовности к работе), проведены его автономные испытания, создана микропроцессорная система управления генератором, произведена адаптация этой системы с соответствующей микропроцессор-

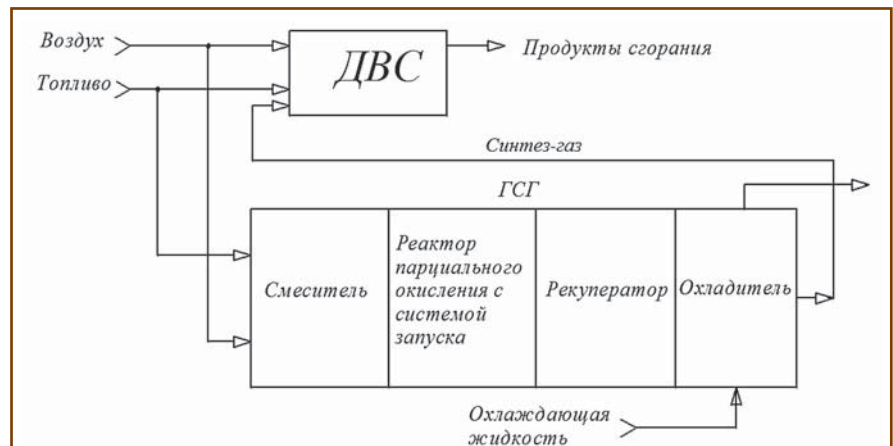


Рис. 1. Упрощенная структурная схема газового двигателя со встроенным генератором синтез-газа

ной системой газового ДВС. Последняя модификация генератора синтез-газа, экспериментально опробованная на Заволжском моторном заводе с двигателем ЗМЗ-40522.10 и установ-

ленная на автомобиле «Соболь», приведена на структурной схеме (рис. 2).

КПГ поступает из баллонов, установленных на автомобиле, на редуктор высокого давления (РВД),

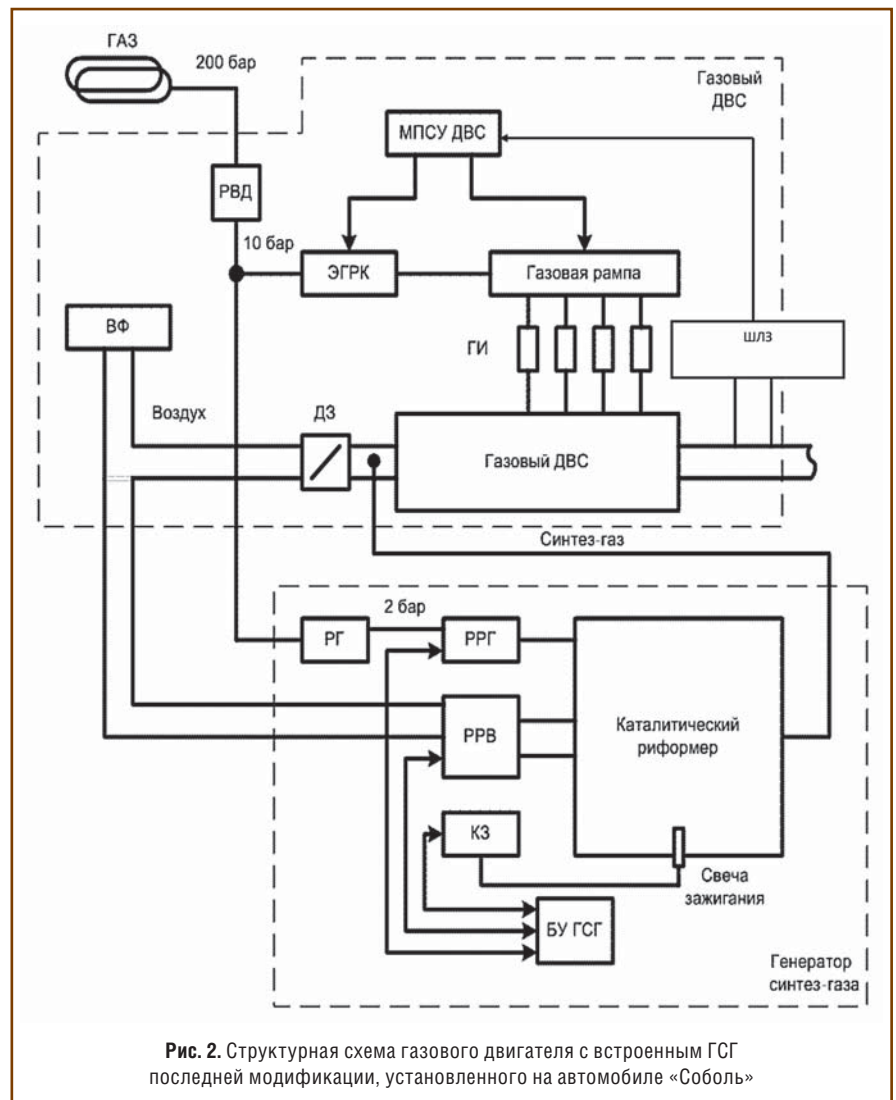


Рис. 2. Структурная схема газового двигателя с встроенным ГСГ последней модификации, установленного на автомобиле «Соболь»

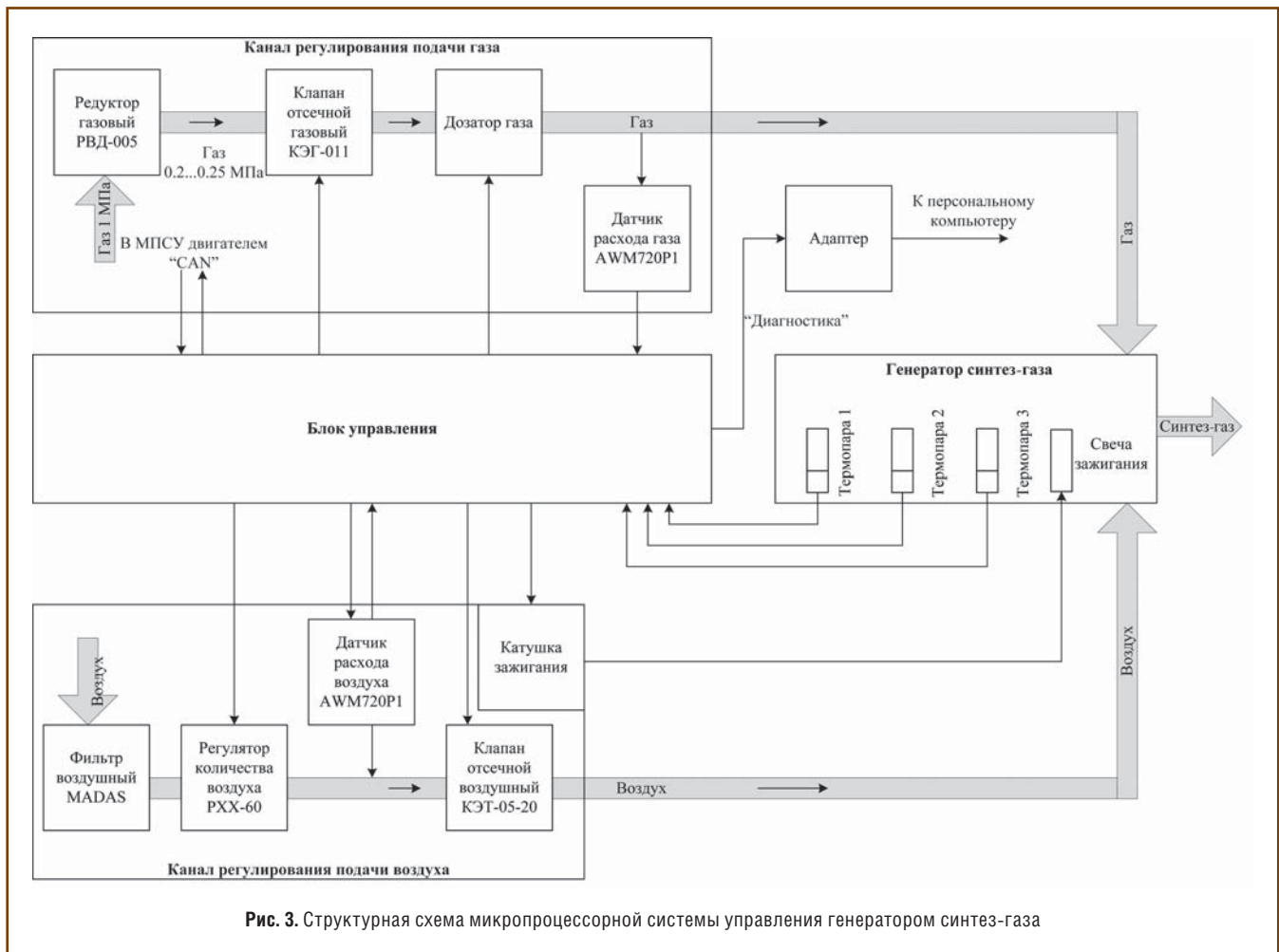


Рис. 3. Структурная схема микропроцессорной системы управления генератором синтез-газа

снижающего давление газа до 10 бар. Далее газ поступает на электроуправляемый газовый редуктор (ЭГРК), давление на выходе которого регулируется электронным блоком управления (БУ) газовым ДВС. Подача газа в двигатель дозируется четырьмя газовыми форсунками, установленными на общей рампе (аккумуляторная газовая система с переменным давлением газа в рампе) и обеспечивающими распределенную фазированную подачу газа индивидуально в каждый цилиндр ДВС. Дроссельная заслонка (ДЗ) регулирует подачу воздуха в ДВС, а, следовательно, и величину крутящего момента, развиваемого двигателем. Все необходимые вычислительные операции, управление зажиганием и подачей соответствующего количества топливовоздушной смеси, регулирование ее состава в ДВС выполняет электронный блок (МПСУ ДВС).

Часть газового топлива из РВД поступает на дополнительный газо-

вый редуктор (РГ), еще раз снижающий давление газа до 2 бар, а затем через регулятор расхода газа (РРГ) поступает на вход каталитического риформера. На второй вход каталитического риформера через регулятор расхода воздуха (РРВ) поступает необходимое его количество для протекания каталитической реакции. В режиме розжига каталитического риформера в начале работы воздушно-газовая смесь поджигается принудительно электроискровым спосо-

бом. После достижения в риформере рабочей температуры (около 600°C) принудительное зажигание выключается, и реакция окисления идет за счет собственного тепловыделения. Количество синтез-газа, поступающего в двигатель, регулируется блоком управления ГСГ. С учетом того, что работа ДВС с добавками синтез-газа происходит при более высоких значениях α (до 1,8), штатный лямбда-зонд был заменен на широкодиапазонный лямбда-зонд ШЛЗ LG-1 (Lamda Gable)

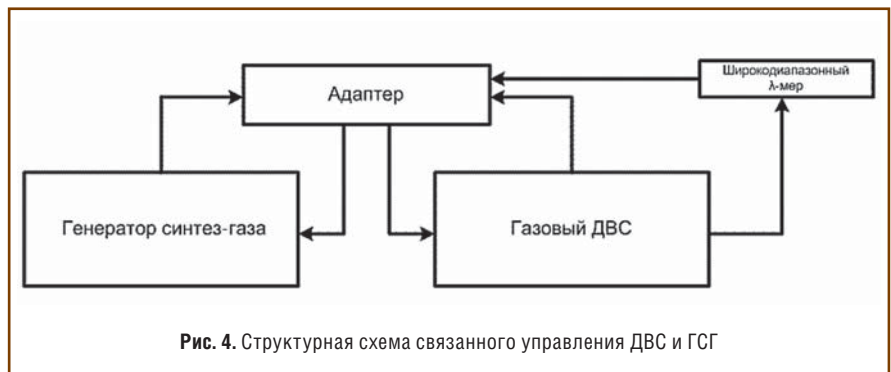


Рис. 4. Структурная схема связанного управления ДВС и ГСГ

фирмы «Innovate motorsport» с диапазоном измерения α от 0,5 до 2,2.

В ходе экспериментальных работ на моторном стенде на ОАО «ЗМЗ» выявлены интересные закономерности, для выявления которых потребовалась разработка адаптивного совместного управления ранее не связанных электронных систем управления ДВС и ГСГ:

- рабочий состав газовой смеси (метан плюс синтез-газ) по условиям наиболее эффективной работы двигателя является переменной величиной, которая зависит от нагрузки на двигатель и частоты вращения КВ, а также от теплового состояния двигателя (работа с переменными значениями α от 0,95 до 1,8);

- коэффициент замещения метана синтез-газом является нелинейным и зависит от частоты вращения КВ двигателя, режима работы двигателя (нагрузка, холостой ход, принудительный холостой ход), температуры двигателя;

- угол опережения зажигания ДВС при работе на смеси метана и синтез-газа также отличается от углов, адаптированных для работы ДВС на метане;

- на переходных режимах (ускорение, торможение, принудительный холостой ход, работа ДВС на оборотах холостого хода) также требуется коррекция параметров работы ДВС.

На рис. 3 приведена более подробная структурная схема микропроцессорной системы управления генератором синтез-газа.

На структурной схеме выделены два основных канала управления: канал подачи и измерения количества воздуха, подаваемого в риформер, а также канал подачи природного газа. Микропроцессорный блок управления обрабатывает по заданным алгоритмам режимы работы риформера (розжиг, работа, выключение риформера), обрабатывает датчики и управляет исполнительными механизмами системы. Изменение параметров работы системы производится с персонального компьютера, подключенного через адаптер.

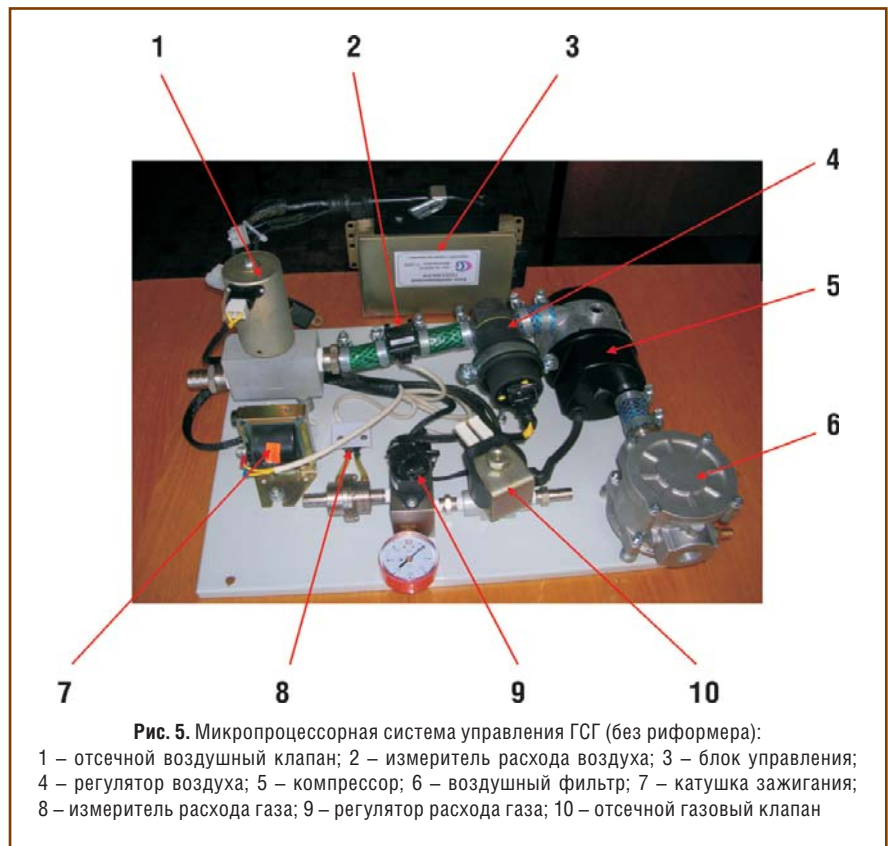


Рис. 5. Микропроцессорная система управления ГСГ (без риформера):
1 – отсечной воздушный клапан; 2 – измеритель расхода воздуха; 3 – блок управления;
4 – регулятор воздуха; 5 – компрессор; 6 – воздушный фильтр; 7 – катушка зажигания;
8 – измеритель расхода газа; 9 – регулятор расхода газа; 10 – отсечной газовый клапан

Реализация связанного управления двух независимых микропроцессорных систем показана на примере структурной схемы (рис. 4).

Для реализации связанного управления в структуру газового ДВС был введен широкодиапазонный лямбдамер, который обеспечивает измерение суммарной α в диапазоне от 0,5 до 2,0. Кроме того, в состав обоих электронных блоков управления были введены новые программно-аппаратные средства, обеспечивающие

обмен необходимой информацией между двумя электронными системами. В качестве информационной среды был выбран современный быстродействующий CAN-интерфейс, с помощью которого модуль адаптера позволяет в автоматическом режиме не только управлять параметрами рабочего режима ДВС, но и изменять параметры ГСГ в связи с потребностями ДВС на всех режимах работы.

На рис. 5 приведен реальный состав микропроцессорной системы



Рис. 6. Каталитический риформер:
1 – штуцер выхода синтез-газа; 2 – штуцеры подвода охлаждающей жидкости; 3 – свеча зажигания; 4 – штуцеры подвода воздуха

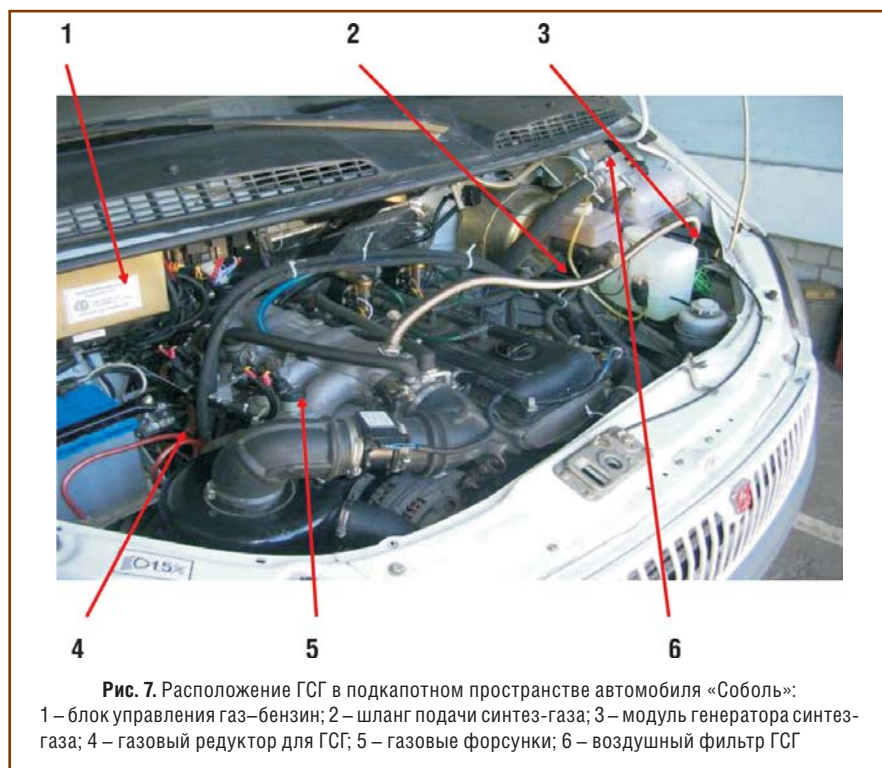


Рис. 7. Расположение ГСГ в подкапотном пространстве автомобиля «Соболь»: 1 – блок управления газ-бензин; 2 – шланг подачи синтез-газа; 3 – модуль генератора синтез-газа; 4 – газовый редуктор для ГСГ; 5 – газовые форсунки; 6 – воздушный фильтр ГСГ

управления ГСГ с датчиками и исполнительными механизмами, на рис. 6 – каталитический риформер.

Расположение ГСГ в подкапотном пространстве автомобиля «Соболь» показано на рис. 7.

Эффективность работы ДВС с интегрированным ГСГ, созданным на базе двигателя ЗМЗ-40522.10, приведена в табл. 1 и 2.

Ниже в табл. 2 приведены результаты испытаний автомобиля «Соболь» с двигателем ЗМЗ-40522.10 («Евро-2»), интегрированным с бортовым генератором синтез-газа в ФГУП ГНЦ НАМИ в ноябре 2008 г.

Из табл. 1 видно, что при динамических испытаниях на беговых барабанах эффективность от добавок

Таблица 1

Показатели эффективности применения синтез-газа в ДВС при испытаниях на моторном стенде

Режим работы ДВС, мин ⁻¹	Снижение выбросов CO, разы	Снижение выбросов CH+NO _x , разы	Снижение расхода топлива, %
1088	13,6	13	16,7
1861	19,2	215	12,5
2886	6,5	36	15,8
3694	7,5	6,9	4,3

Таблица 2

Результаты испытаний автомобиля «Соболь» на беговых барабанах, сумма г/км

Наименование	CO	CH	NO _x	CO2
Бензин, холодный цикл	1,559	0,164	0,971	308,04
Метан, холодный цикл	1,924	0,165	0,477	232,67
Метан плюс синтез-газ	0,814	0,045	1,069	214,03
«Евро-3»	5,22	0,29	0,21	
«Евро-4»	2,27	0,16	0,11	

Выводы

С полной уверенностью можно констатировать, что разработанная микропроцессорная система управления ДВС, интегрированного с генератором синтез-газа на автомобиле, обеспечила устойчивую и эффективную работу двигателя на метане с добавками синтез-газа, адаптируя

синтез-газа несколько меньше, чем на стационарных режимах работы двигателя на моторном стенде, однако, по CO и CH автомобиль легко соответствует требованиям «Евро-4» при базовых показателях «Евро-2». Высокое содержание оксидов азота объясняется тем, что на автомобиле установлен серийный каталитический нейтрализатор на основе платинородиевых сплавов, который не обеспечивает восстановление азота из его оксидов при работе на природном газе. Исследования, проведенные профессором МАДИ Хачияном А.С., показали, что при замене штатного катализатора на катализатор, выполненный на основе палладия, эффективность его при работе двигателя на метане по восстановлению азота обеспечивает содержание оксидов азота на уровне требований «Евро-4».

Результаты дорожных испытаний автомобиля «Соболь» с интегрированным ГСГ приведены в табл. 3. Дорожные испытания проводились также и во время участия автомобиля «Соболь» в автопробеге «Голубой коридор» по маршруту Рыбинск – Санкт-Петербург – Москва – Рыбинск в сентябре 2008 г. с общим пробегом более 3500 км.

В апреле 2009 г. автомобиль «Соболь» с интегрированным ГСГ демонстрировался на всемирной выставке в Ганновере (Германия). Нетрадиционный подход к генерированию водородсодержащих газов непосредственно на борту автомобиля вызвал интерес у иностранных автомобильных фирм. Ниже на рис. 8 показан момент замера содержания вредных выбросов в отработавших газах двигателя при работе на синтез-газе представителям дирекции выставки «Ганновер-2009».



Рис. 8. Замер токсичности отработавших газов автомобиля «Соболь»

рабочий процесс двигателя в широком диапазоне изменяющихся параметров как топливной смеси, так и нагрузки на двигатель в рабочем диапазоне скоростных характеристик. Она продемонстрировала следующие преимущества этой технологии по сравнению с серийными образцами транспортных средств, работающих на природном газе:

1. Полностью используются потенциальные возможности природного газа с высоким (25%) содержанием водорода, высоким (130 ед.) октановым числом и способностью легко реформироваться в синтез-газ.
2. Не требуется изменение инфраструктуры снабжения топливом транспортного средства.

Таблица 3

Показатели эффективности применения синтез-газа в ДВС при дорожных испытаниях

Двигатель – ЗМЗ-40522.10	Вид топлива		
	Бензин, л	КПГ, м ³	КПГ+ синтез-газ, м ³
Контрольный пробег, км	2235	2235	2235
Номинальная мощность, лс (на моторном стенде)	123	103	103
Максимальная скорость, км/ч	120	120	120
Время разгона, с			
0-100 км/ч (1-5 передачи)	32	34	42
60-100 км/ч (3 передача)	12	14	16
60-100 км/ч (4 передача)	17	21	27
80-120 км/ч (5 передача)	42	42	55
Вместимость заправочных емкостей	50	39	39
Стоимость топлива, руб.	24	8	8
Расход на 100 км пробега (движение в колонне с V=75 км/ч)	11,5	10,5	8-9
Затраты на 100 км пробега, руб.	276	84	72
Пробег на одной полной заправке одним топливом, км	434	371	433

3. Не требуются на борту дистиллированная вода и электролизер.
4. Резко снижаются вредные выбросы в отработавших газах ДВС, в том числе и CO₂.
5. Реализуется возможность работы двигателя на бедных смесях (с α до 1,8), что невозможно на традиционном топливе, благодаря этому за счет снижения насосных потерь экономится основное топливо.
6. Не применяются драгоценные металлы, что позволяет массово применять эту технологию.
7. Разработанная адаптивная микропроцессорная система связанного управления обеспечивает наибольшую эффективность от добавок синтез-газа в ДВС по сравнению с постоянной долей водорода к метану (гайтановые смеси).

Литература

1. Бризицкий О.Ф., Терентьев В.Я., Христолюбов А.П., Золотарский И.А., Кириллов В.А., Собянин В.А., Садыков В.А., Мирзоев Г.К., Со рокин А.И. Разработка компактных устройств для получения синтез-газа из углеводородного топлива на борту автомобиля в целях повышения топливной экономичности и экологических характеристик автомобилей. – Альтернативная техника и экология. 2004, № 11.
2. Бризицкий О.Ф., Терентьев В.Я. Водородная энергетика и транспорт. – Промышленные ведомости. 2007, № 10.
3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. – Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебн. пособие М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – С. 464.
4. Бурцев Н.В., Бризицкий О.Ф., Кириллов В.А., Комаров В.М., Собянин В.А. Применение элементов адаптивного управления в системе управления метано-водородным двигателем внутреннего сгорания. – Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – Том 7. 2009, № 2.

Особенности пуска ДВС с искровым зажиганием на газовом топливе

В.А. Шишков,

начальник технического отдела ООО «Рекар», доцент Самарского государственного аэрокосмического университета им. С.П. Королева, к.т.н.

Рассмотрен пуск двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием с электронной системой управления на газовом топливе. Показано влияние температуры ДВС на характеристику газовой подачи во время пуска и прогрева. Описаны основы и особенности алгоритма пуска ДВС с электронной системой управления на газовом топливе в зависимости от состояния двигателя, качества топлива и внешних условий. Предложены пути совершенствования алгоритма управления пуском ДВС на газовом топливе.

Ключевые слова: пуск, двигатель внутреннего сгорания, газовое топливо, искровое зажигание, параметры состояния, алгоритм, электронная система управления.

Features of start-up of internal combustion engine with spark ignition on gas fuel

V.A. Shishkov

Start-up of internal combustion engine with spark ignition with an electronic control system on gas fuel depends on parameters of a condition of fuel, the engine and environment is considered. Influence of temperature of internal combustion engine on the characteristic of gas giving is shown during start-up and warming. Bases and features of algorithm of start-up of internal combustion engine with an electronic control system on gas fuel depending on a condition of the engine, quality of fuel and external conditions are described. Ways of improving of algorithm of management by start-up internal combustion engine on gas fuel offered.

Keywords: start-up, an internal combustion engine, gas fuel, spark ignition, condition parameters, algorithm, an electronic control system.

Основы пуска ДВС на газовом топливе

В зависимости от температурного состояния ДВС и температуры окружающей среды различают:

1. Холодный пуск при температурах ниже 0°C. Для природного газа характерны особенности топливоподачи и содержания паров воды в газе. Для сжиженного углеводородного

газа (СУГ) из-за необходимости испарения обязателен пуск на бензине с последующим прогревом ДВС до 30°C и переключением на газовое топливо, если температура редуктора-испарителя после останова не снизилась ниже 30°C, то пуск может происходить на СУГ.

2. Пуск при нормальной температуре от 0°C до 30°C для природного

газа и СУГ аналогичен пуску ДВС при отрицательных температурах окружающей среды.

3. Пуск при повышенных температурах ДВС и окружающей среды выше 30°C (перегретый ДВС после термошока) как для природного газа, так и СУГ выполняется на газовом топливе.

В зависимости от применяемого типа газового топлива и его фазового состояния возникают свои условия пуска ДВС:

1. СУГ в баллоне автомобиля находится в жидкой фазе при соответствующих давлении и температуре, поэтому для его испарения необходимо подвести определенное количество теплоты от двигателя, то есть пуск ДВС выполняется на бензине с последующим прогревом и переключением на СУГ. Существуют системы подачи СУГ в жидкой фазе в камеру сгорания двигателя. Это требует значительного усложнения топливоподающей аппаратуры со значительным повышением давления в ней, достигающего значения до 3,5-4,0 МПа при рабочих температурах элементов двигателя для устранения процесса парообразования в элементах топливной системы и, в частности, в газовых форсунках. К таким системам газобаллонного оборудования (ГБО) относится система голландской фирмы «Vialle».

2. Компримированный природный газ (КПГ) при достаточной его очистке от тяжелых фракций углеводородов и паров воды не требует специального подогрева при пуске двигателя. Температура газа за счет эффекта дросселирования в редукторе с максимального значения давления 25 МПа до 0,1-0,3 МПа при начальных температурах двигателя и газа в баллоне на уровне -30°C может составлять -50...-67°C. При наличии паров воды в газе в диапазоне температур окружающего воздуха -3...+10°C может происходить нарушение работы клапана газового редуктора (подвижный элемент клапана редуктора примерзает к седлу), в этом случае обязателен подогрев клапанной пары

редуктора, то есть как и на СУГ двигатель необходимо прогреть на бензине, а затем переключиться на КПГ. При температурах ниже 0°C происходит замерзание как воды, так и ее паров в газовом баллоне. Если баллон (баллоны) находится за пределами салона автомобиля (обычно под днищем кузова), то он не прогревается, и вода не попадает в газовый редуктор.

3. Сжиженный природный газ (СПГ) – для устойчивого пуска двигателя требуется испарение газа перед подачей его в камеру сгорания. При достаточной массе и теплопередающей поверхности теплообменника испарителя (достаточность накопленной теплоты в металле теплообменника испарителя) пуск можно производить непосредственно на метане.

4. Водород в газовой фазе – его добавка в любой вид топлива во всем диапазоне температур окружающей среды и ДВС улучшает процесс пуска, так как молекулы водорода в топливовоздушной смеси являются активными центрами воспламенения.

5. Жидкий водород – как и для СПГ для устойчивого пуска двигателя требуется его испарение перед подачей в камеру сгорания.

6. Светильный газ – условия пуска ДВС аналогичны КПГ и т.д.

В зависимости от фазового состояния газового топлива в баллоне (баллонах) транспортного средства различаются особенности подготовки газового топлива и его качества по содержанию паров воды:

■ газ в жидком состоянии – требуется система для испарения газа с достаточным количеством внешней теплоты или значительное увеличение давления газа для устранения его преждевременного испарения в газовых форсунках и появления неустойчивых процессов газовой подачи и работы ДВС;

■ в газообразном состоянии – требуется достаточная очистка от паров воды и тяжелых углеводородов для устранения примерзания элементов клапанных пар газового редуктора и электромагнитных газовых форсунок.

В зависимости от применяемой системы электронного управления ДВС топливоподача при пуске может выполняться:

■ с асинхронной подачей газового топлива – применяется практически во всех системах управления ДВС до момента определения верхней мертвой точки первого цилиндра перед рабочим ходом, то есть ограничивается порогом чувствительности датчика положения коленчатого вала. При асинхронной газовой подаче все форсунки в начальный момент прокрутки, когда частота вращения коленчатого вала (КВ) двигателя, например, достигла 60 мин⁻¹, подают газовое топливо в течение 80-120 мс. Далее при возрастании частоты вращения КВ двигателя происходит определение фаз и переход на другой вид газовой подачи, приведенный ниже;

■ одновременной подачей газового топлива – может использоваться для увеличения частоты вращения КВ двигателя во время пуска до устойчивого режима холостого хода;

■ с попарно-параллельной подачей газового топлива – так же как и предыдущая, только для улучшения точности дозирования газового топлива при пуске двигателя для норм токсичности отработавших газов до «Евро-3»;

■ с фазированной подачей газового топлива – так же как и предыдущая, только для улучшения точности дозирования газового топлива при пуске двигателя для норм токсичности отработавших газов выше «Евро-3».

В зависимости от исправности или неисправности датчиков системы электронного управления ДВС пуск может быть произведен:

■ в штатном режиме по соответствующему алгоритму в зависимости от внешних условий и температурного состояния двигателя;

■ в резервном режиме с неисправным датчиком массового расхода воздуха подача газового топлива осуществляется в зависимости от частоты вращения КВ двигателя и положения дроссельной заслонки. В этом

случае расход воздуха при пуске выбирается по резервным таблицам его осредненных значений в зависимости от вышеназванных условий. Эти резервные таблицы расхода воздуха через ДВС формируются в процессе доводки калибровок на двигателе при испытаниях в моторном боксе и корректируются при проведении испытаний в составе автомобиля;

■ в резервном режиме с неисправным датчиком температуры охлаждающей жидкости ДВС количество газового топлива корректируется в зависимости от времени, прошедшего от начала пуска двигателя, и количества пусков в течение малого периода времени;

■ в резервном режиме с неисправным датчиком положения дроссельной заслонки (обрыв или короткое замыкание цепи датчика) газовая подача осуществляется по уровню частоты вращения КВ двигателя и сигналу с датчика массового расхода воздуха при достижении порога его чувствительности и т.д.

При неисправности регулятора холостого хода, когда происходит подклинивание его червячного вала, можно выделить два случая: заклинивание вала регулятора в закрытом положении клапана и в открытом положении клапана. В этом случае электронный блок управления двигателем не может определить данные неисправности и поэтому он не включает контрольную лампу «CHECK ENGINE» на панели приборов автомобиля. Водителю автомобиля придется провести пробные пуски для обоих вышеназванных случаев неисправностей. При закрытом положении клапана регулятора пуск двигателя можно произвести путем незначительного приоткрытия дроссельной заслонки с помощью педали акселератора во время прокрутки коленчатого вала стартером с последующим ее удержанием для поддержания стабильного режима на холостом ходу. При заклинивании в открытом положении клапана регулятора холостого хода при пуске ДВС необходимо попытаться перекрыть

входной воздушный патрубок с помощью дополнительных средств, чтобы уменьшить количество воздуха, поступающего в цилиндры. При этом надо следить, чтобы вспомогательные средства не попали в воздушный фильтр двигателя.

Успешный пуск ДВС зависит от отсутствия пропусков воспламенения, то есть от исправности самого двигателя и его систем топливоподачи и зажигания [1]. Кроме этого, на режим пуска влияет содержание свободных молекул водорода в газовом топливе, которые являются центрами воспламенения в процессе зажигания в газозвушной среде в камере сгорания ДВС.

К пуску двигателя относятся моменты раскрутки КВ ДВС стартером, начало топливоподачи и зажигания с последующим нарастанием частоты вращения коленчатого вала двигателя до режима устойчивого холостого хода. Поэтому на процесс пуска, кроме вышеприведенных, влияют следующие факторы:

- характеристики масла в картере ДВС (плотность и вязкость, чем они выше, тем ниже обороты прокрутки коленчатого вала двигателя стартером);

- наличие обкатки ДВС или соответствующего пробега автомобиля, то есть внутренние механические потери на трение в шатунно-поршневой группе и подшипниках двигателя, трение в элементах сцепления в нажатом состоянии педали;

- степень сжатия в цилиндрах ДВС – чем выше степень сжатия, тем выше температура топливоздушной смеси в конце процесса сжатия и тем лучше воспламенение, но увеличение степени сжатия требует повышенной мощности стартера;

- величина зарядки аккумуляторной батареи – при большом разряде батареи снижается частота прокрутки коленчатого вала двигателя стартером;

- минимальная частота вращения КВ двигателя при прокрутке стартером – чем она выше, тем выше дав-

ление и температура в конце процесса сжатия и вероятность нормального пуска двигателя;

- мощность стартера – чем она выше, тем выше частота вращения коленчатого вала двигателя при прокрутке КВ, что особенно важно при отрицательной температуре двигателя и моторного масла в его картере;

- масса всех деталей, приводимых в движение стартером, – чем меньше масса, тем выше частота вращения КВ двигателя при прокрутке коленчатого вала стартером при пуске двигателя;

- количество впрыскиваемого газа при пуске двигателя – при недостаточном или избыточном количестве газа возникают неустойчивое горение газозвушной смеси и пропуски воспламенения, а малая скорость нарастания частоты вращения коленчатого вала двигателя (от частоты прокрутки до устойчивого холостого хода) часто приводит к неудачным пускам. Для каждого вида газового моторного топлива можно определить различные уровни допускаемого обеднения или обогащения газозвушной смеси при пуске двигателя, которые зависят от диапазона горения газа в воздухе. Например, для горения метана в воздухе диапазон составляет от 5 до 15% объемных долей при стехиометрическом составе 9,53 объемных долей или это соответствует от 8,47 до 25,42 весовых долей при стехиометрии 16,15 весовых долей, что в свою очередь соответствует составам смеси α от 0,52 до 1,57. Это также показывает, что создать двигатель, работающий на сверхбедных смесях метана с воздухом с α больше чем 1,57, физически не представляется возможным, если только не разложить метан на радикалы углерода и водорода или добавить чистый водород в метановоздушную смесь перед подачей ее в камеру сгорания двигателя. Водород с воздухом горит от 4 до 75% объемных долей, и его добавка расширяет диапазон горения по составу смеси практически для всех видов углеводородных топлив;

- фаза впрыска газового топлива, которая должна быть синхронизирована с фазами открытия и закрытия впускных и выпускных (при наличии условия перекрытия фаз) клапанов двигателя;

- организация процесса приготовления газозвушной смеси. Подача газа во впускной трубопровод при его впрыске под перепадом давления должна осуществляться по потоку воздуха во впускном коллекторе [2] и работать, как эжекторный насос. Если это условие не выполнено, то впрыскиваемый газ будет являться газодинамической гидравлической шайбой, которая повышает сопротивление при впуске воздуха в цилиндр, то есть общее количество воздуха, попавшего в цилиндр, соответственно уменьшится, и в результате снизятся крутящий момент и мощность двигателя;

- исправность элементов системы зажигания (свечей зажигания, высоковольтных проводов и катушки зажигания);

- величина высоковольтного напряжения – чем выше напряжение на свечах зажигания, тем больше энергии выделяется при искровом разряде, что улучшает процесс воспламенения газозвушной смеси;

- мощность искрового разряда на свечах зажигания, которая зависит от времени накопления заряда в катушке зажигания – чем больше время накопления, тем больше мощность искрового разряда и т.д.

Прогрев двигателя при работе на газе

Неотъемлемой частью после пуска двигателя является его прогрев от исходной температуры до рабочей. Ускорение режима прогрева связано с высокими требованиями по токсичности отработавших газов. По контрольному ездовому циклу при проверке по правилам ЕЭК ООН, нормам «Евро-3» и выше замер токсичности отработавших газов начинается с момента пуска двигателя при окружающей температуре от 18 до 25°C. Для быстрого прогрева нейтрализатор

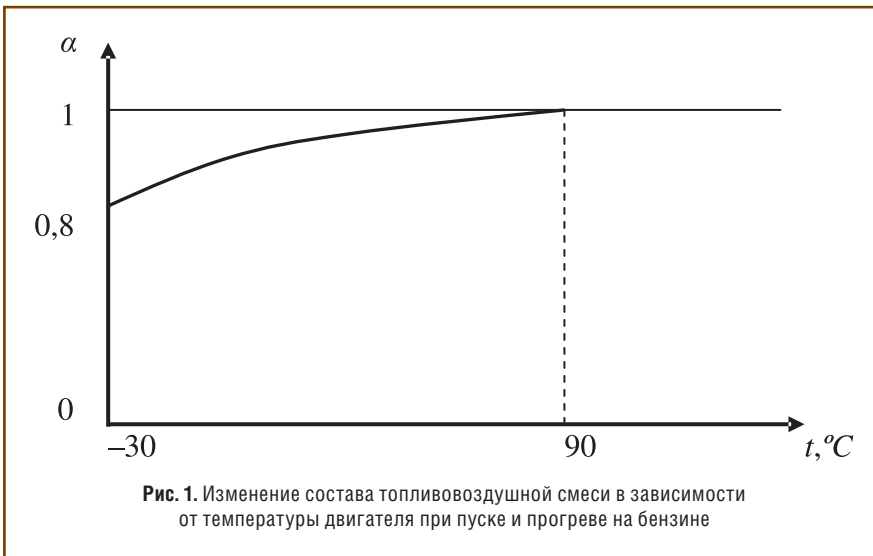


Рис. 1. Изменение состава топливоздушной смеси в зависимости от температуры двигателя при пуске и прогреве на бензине

из-под днища кузова автомобиля был перенесен в катколлектор в непосредственной близости от выпускных клапанов.

Температура горения КПП в камере сгорания двигателя при одинаковом составе топливоздушной смеси, в сравнении с бензином, ниже примерно на 150-200°C. Это приводит к увеличению времени прогрева двигателя и катколлектора примерно на 120-240 с, что неприемлемо для норм токсичности «Евро-3» и выше.

Прогрев двигателя при работе на бензине обычно происходит с соответствующим обогащением топливоздушной смеси примерно от $\alpha = 0,8$ до 1,0 в зависимости от начальной температуры ДВС по определенной зависимости его изменения от тем-

пературы двигателя, то есть $\alpha = f(T_{двс})$. Состав топливоздушной смеси, равный 1, достигается примерно через 120-300 с с момента пуска двигателя в зависимости от начальных значений температур. Обогащение топливоздушной смеси при пониженных температурах окружающей среды и двигателя связано с тем, что большая часть жидкого бензина выпадает в топливную пленку на стенки впускного трубопровода и камеры сгорания, и фактически состав смеси оказывается более бедным в сравнении с расчетной топливоподачей. В процессе прогрева двигателя количество бензина в топливной пленке снижается, поэтому расчетный состав топливоздушной смеси приближается к реальному и при рабочей температуре двигателя

становится равным 1. На рис. 1 показан пример изменения состава топливоздушной смеси в зависимости от температуры ДВС при пуске и прогреве на бензине.

Для ускорения прогрева двигателя и катколлектора при работе на газовом топливе (КПП и СУГ) характеристика изменения состава газовой топливоздушной смеси имеет противоположную тенденцию. Топливо в этом случае находится в газовой фазе и не выпадает в виде жидкой пленки на стенки впускного трубопровода и камеры сгорания. При этом состав изменяется с соответствующим обеднением от $\alpha = 1,2$ до 1,0 в зависимости от начальной температуры двигателя и по определенной зависимости. Это сделано для повышения температуры горения газовой топливоздушной смеси. В этом случае время прогрева катколлектора становится примерно таким же, как и при работе на бензине. Обеднение до $\alpha = 1,3-1,57$ при работе на КПП или СУГ может привести к местным прогарам выпускных клапанов из-за повышенной температуры отработавших газов и к неустойчивому горению смеси в камере сгорания, что затруднит пуск и прогрев двигателя. На рис. 2 показан пример изменения состава топливоздушной смеси в зависимости от температуры двигателя при пуске и прогреве на КПП или СУГ.

Повышение количества свободного молекулярного водорода или его радикалов в газовом топливе увеличивает температуру горения газовой топливоздушной смеси, а значит ускоряет прогрев катколлектора или нейтрализатора.

Часто производители автомобиля и электронной системы управления газовым двигателем (если двигатель рассчитан для работы на двух видах топлива – бензине и газе) вопросы его пуска и прогрева сводят к работе на бензине. После прогрева вручную или автоматически в зависимости от температуры двигатель переключают с бензина на газ. Это уменьшает проблемы с доводочными процессами по токсичности отработавших газов на данных

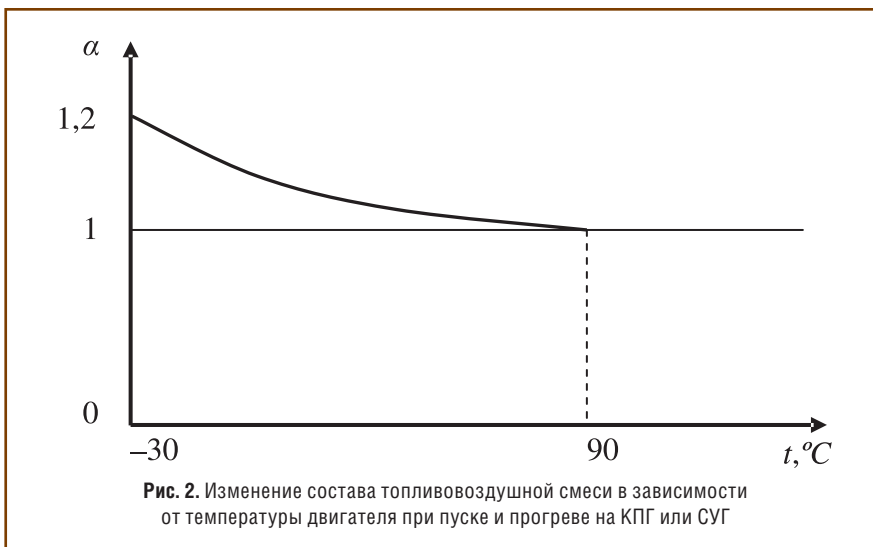


Рис. 2. Изменение состава топливоздушной смеси в зависимости от температуры двигателя при пуске и прогреве на КПП или СУГ

режимах, так как используется программа управления со всеми калибровками при работе на бензине с отработанными пуском и прогревом конкретного типа двигателя. Это неприемлемо для однопаливных газовых автомобилей, не имеющих резервной бензиновой системы топливоподачи.

Алгоритм пуска двигателя на газовом топливе

Алгоритм пуска двигателя на газовом топливе практически такой же, как и на бензине, только имеются свои особенности:

1. При пуске на газовом топливе частота вращения коленчатого вала двигателя нарастает с высокой скоростью, что может привести к масляному «голоданию» на трущихся поверхностях шарико-подшипниковой группы (ШПГ). Поскольку вязкость моторного масла в сильной степени зависит от температуры, то и количество прокачиваемого через двигатель масла будет различным из-за высоких гидравлических сопротивлений масляных каналов. В этом случае для уменьшения износа трущихся поверхностей двигателя необходимо ограничивать скорость нарастания частоты вращения коленчатого вала при пуске путем соответствующего дозирования газа при возрастании частоты вращения КВ или управлением подачи воздуха в цилиндры (увеличение количества циклового воздуха при нарастании частоты вращения коленчатого вала при пуске двигателя снижает скорость ее нарастания и наоборот за счет увеличения газовых сил на поршень двигателя в процессе сжатия). В зависимости от начальной температуры ДВС, например, от -30 до $+100^\circ\text{C}$, время нарастания частоты вращения КВ двигателя соответственно должно быть примерно от 6 до 2 с.

$$t_{\text{пуска}} = f(T_{\text{двс}}); \quad dn/dt = f(T_{\text{двс}}; G_{\text{цикловый}}),$$

где $t_{\text{пуска}}$ – время от начала прокрутки коленчатого вала стартером до достижения устойчивой частоты вращения КВ на режиме холостого хода;

dn/dt – скорость изменения частоты вращения коленчатого вала при пуске;

$T_{\text{двс}}$ – температура двигателя;

$G_{\text{цикловый}}$ – цикловой расход воздуха через цилиндр двигателя.

2. Состав газозвушной смеси в зависимости от температуры двигателя при пуске и прогреве изменяется, например, по рис. 2.

$$\alpha = f(T_{\text{двс}}).$$

3. Газовое топливо может иметь широкий диапазон по составляющим его углеводородам и примесям (например, от чистого метана в жидком состоянии до КПГ с содержанием метана 80-99% или пропан-бутана с различным содержанием этих двух углеводородов в зимнем и летнем топливе). В этом случае для устойчивого пуска двигателя необходимо использовать алгоритм адаптации к химическому составу газового топлива [3].

$$G_{\text{цикловый}} = f(\text{химический состав топлива}),$$

где $G_{\text{цикловый}}$ – цикловой расход газа.

4. Из-за снижения мощности и крутящего момента двигателя при работе на газе в сравнении с бензином и из-за уменьшения количества воздуха, поступающего в цилиндр в соответствии с объемным коэффициентом стехиометрии, необходимо увеличить частоту вращения коленчатого вала на режиме холостого хода на газе примерно в относительной пропорции к изменению крутящего момента или мощности. Это связано с механическими потерями на трение в зависимости от температуры ДВС.

На прогревом до рабочей температуры двигателя частота вращения КВ при работе на газе может быть равна частоте при работе на бензине, если будет достаточно мощности и крутящего момента для устойчивой работы двигателя на режиме холостого хода.

$$n_{\text{газ}} / n_{\text{бенз}} = Ne_{\text{бенз}} / Ne_{\text{газ}} \quad \text{или} \quad n_{\text{газ}} / n_{\text{бенз}} = M_{\text{бенз}} / M_{\text{газ}}$$

где $n_{\text{газ}}$ – частота вращения КВ двигателя в режиме холостого хода при работе на газе;

$n_{\text{бенз}}$ – частота вращения коленчатого вала в режиме холостого хода при работе на бензине;

$Ne_{\text{бенз}}, M_{\text{бенз}}$ – мощность и крутящий момент двигателя соответственно при работе на бензине в режиме холостого хода;

$Ne_{\text{газ}}, M_{\text{газ}}$ – мощность и крутящий момент двигателя соответственно при работе на газе в режиме холостого хода.

5. В случае если газ находится в баллоне в жидком состоянии, то обязательное условие пуска двигателя на бензине с последующим его прогревом, например, для СУГ как минимум до $+30^\circ\text{C}$, и при достижении соответствующей температуры автоматическим или ручным переключением на газ.

6. В случае подачи газа в жидком состоянии при пуске двигателя должно быть достаточно теплоты от элементов ДВС для его испарения

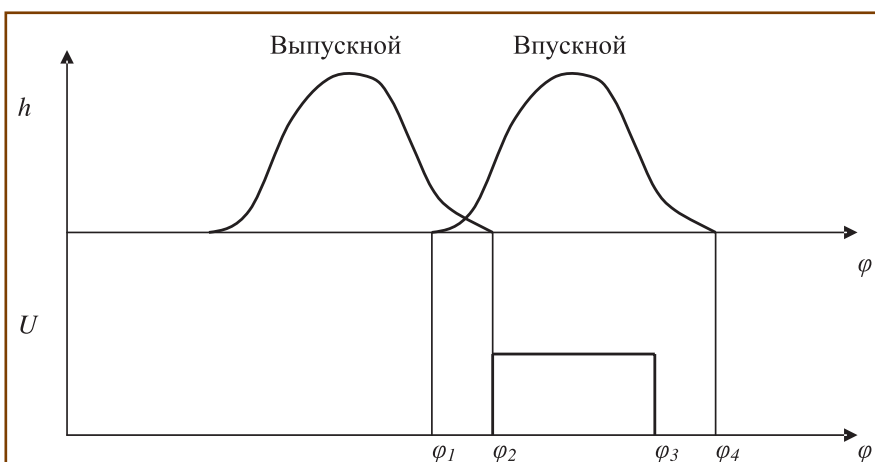


Рис. 3. Схема фаз открытия и закрытия впускного клапана и впрыска газового топлива по углу положения коленчатого вала двигателя во впускной трубопровод ДВС: h – высота подъема впускного клапана; U – напряжение питания клапана газовой форсунки; φ – угол положения коленчатого вала двигателя

во время пуска и прогрева в режиме холостого хода или должна быть дополнительной системой с повышенным давлением газа выше линии насыщения и его контролем в зависимости от режима работы двигателя и его температуры. Последнее, как было показано выше, усложняет и удорожает систему подачи газового топлива.

7. Для улучшения наполнения цилиндров газовой смесью и снижения вероятности «хлопковых» эффектов во впускной системе ДВС необходимо правильно выбрать фазы впрыска газового топлива. Лучшим вариантом является впрыск газа на открытый впускной клапан. Это позволяет, во-первых, использовать энергию перепада давления газового топлива на форсунке в качестве эжекторного насоса для улучшения наполнения цилиндров газовой смесью [2]. Во-вторых, практически весь газ, поступивший во впускной трубопровод, попадет в цилиндр двигателя – это обеспечит его надежную «бесхлопковую» работу. На рис. 3 показана наилучшая фаза впрыска газового топлива во впускную трубу двигателя по отношению к фазам открытия и закрытия впускного клапана.

Для снижения потерь газа при продувке цилиндра при одновременно открытых выпускном и впускном клапанах (между φ_1 и φ_2) желательно фазу φ_2 начала впрыска сместить в более позднюю сторону по отношению к фазе φ_1 открытия впускного клапана (рис. 3) и совместить ее с фазой закрытия выпускного клапана.

Для снижения количества газового топлива, оставшегося во впускном трубопроводе, фаза φ_3 (рис. 3) конца его впрыска должна закончиться раньше, чем закроется впускной клапан φ_4 , так как необходимо время, чтобы весь газ от форсунки через впускной клапан попал в цилиндр двигателя. Это зависит от расстояния между соплом газовой форсунки и впускным клапаном, а также от гидравлического сопротивления впускного трубопровода на этом участке и суммарной скорости движения газовой смеси.

То есть чем больше расстояние от форсунки до клапана, тем раньше необходимо заканчивать впрыск газа по отношению к фазе закрытия впускного клапана и наоборот. Чем ближе расположена форсунка к впускному клапану, тем шире импульс ($\varphi_3 - \varphi_2$) можно получить для впрыска газового топлива во впускной трубопровод, так как время движения газа до клапана снижается. Для выполнения этих условий необходимо правильно выбрать расходную характеристику газовой форсунки в точках динамической и статической настройки [4], которые определяют весь рабочий диапазон режимов ДВС от минимальной частоты вращения коленчатого вала без нагрузки до максимальной частоты вращения КВ и максимальной нагрузки.

8. Газовое топливо должно подаваться в зависимости от его температуры и давления в рампе перед форсунками, так как при их работе возникают значительные колебания давления. Амплитуда колебания давления газа в рампе форсунок зависит от типа впрыска (асинхронный, одновременный, попарно-параллельный, фазированный), то есть зависит от количества одновременно открытых клапанов форсунок. Эта амплитуда может достигать значения от 0,01 до 0,1 МПа в зависимости от расхода и уровня давления газа в рампе. Изменение перепада давления газа на форсунках приводит к изменениям расхода газа, что важно учитывать для правильного его дозирования во время пуска с получением необходимого состава газовой смеси в цилиндрах двигателя. Кроме этого, по длине газовой рампы появляются стоячие волны давления, что приводит к увеличению разности расходов газа по отдельным форсункам, что в свою очередь приводит к повышению токсичности отработавших газов. Это можно учесть в алгоритме управления путем введения специальных коэффициентов коррекции газовой подачи в отдельных форсунках по результатам испытаний в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и расхода

воздуха в процессе пуска двигателя. Поскольку топливо подается через форсунки в газообразном состоянии, то из-за объемного расхода скорость заполнения трубопроводов газом низкая, при этом происходит вытеснение воздуха или азота при первом пуске после монтажа газовой аппаратуры на автомобиль. В этом случае скорость нарастания давления газа перед форсунками значительно ниже, чем у жидкого топлива. Это приводит к затягиванию процесса пуска по времени, так как коэффициент коррекции топливоподачи увеличит время открытого состояния газовых форсунок, а значит приведет к еще большему провалу давления газа в рампе и большей амплитуде колебаний давления в ней.

Плотность газового топлива зависит также от температуры, и поэтому коррекция его расхода также необходима при пуске двигателя. Особенно это важно, если газовое топливо находилось в жидкой фазе, а после прохождения испарителя – в газовой фазе. При приближении к линии насыщения газа при его испарении появляются значительные флуктуации плотности по его объему, что сложно учесть при дозировании расхода через газовые форсунки. Поэтому и рекомендуется прогревать двигатель на бензине до температуры газового редуктора-испарителя не ниже +30°C с последующим переходом на СУГ. Для СПГ или водорода эта температура значительно ниже, так как линия насыщения для них находится в области криогенных температур (для метана ниже -160°C, а для водорода ниже -253°C). Цикловое время впрыска газового топлива при пуске с учетом коррекции можно представить в следующем виде:

$$t_u = t_{u,ny} + t_p,$$

где $t_{u,ny}$ – цикловое время впрыска газа через электромагнитные форсунки при нормальных условиях, например, при $T=293,15$ К и $P=0,1$ МПа;

$t_p = f(P; T)$ – время коррекции впрыска, является функцией плотности газового топлива или температуры и давления.

Применение датчиков давления и температуры газа в рампе форсунок позволяет выполнять коррекцию топливоподачи также и при снижении давления газа из-за уменьшения его количества в баллоне до минимального значения, что в свою очередь увеличивает выработку газа из баллона, а значит и увеличивает пробег автомобиля на газовом топливе.

9. При впрыске газового топлива как в газообразном, так и жидком состоянии при пуске двигателя не образуется топливной пленки на внутренних поверхностях впускного воздушного трубопровода и на стенках камеры сгорания. В случае пуска со второй, третьей или последующих попыток (по ГОСТ допускается три попытки нормального пуска двигателя) в алгоритме управления двигателем не требуется вводить коррекцию газовой подачи ввиду отсутствия топливной пленки, в отличие от повторных пусков на бензине. Оставшееся количество газа в газообразном состоянии в цилиндре (при отсутствии воспламенения) практически можно оценить и учесть в алгоритме управления двигателем по степени наполнения цилиндров газовой смесью и последующему ее удалению из цилиндра через выпускные клапаны.

10. Одним из путей улучшения наполнения цилиндров газовой смесью и управления процессом пуска ДВС является использование электропривода (электромагнитных клапанов) выпускного и впускного клапанов. Это позволяет с помощью программы управления двигателем во время раскрутки коленчатого вала убрать режим продувки цилиндров, то есть изменить фазы закрытия выпускного и открытия впускного клапанов так, чтобы не было их одновременно открытого состояния. В этом случае уменьшаются потери газового топлива, снижается количество выбросов углеводородов в отработавших газах и повышается безопасность пуска из-за устранения вероятности «хлопка» в выпускной системе двигателя. Использование электропривода

клапанов позволяет управлять скоростью нарастания частоты вращения коленчатого вала двигателя при его пуске путем изменения фаз открытия и закрытия выпускного и впускного клапанов. Например, если раньше открыть выпускной клапан, то давление в камере сгорания снизится тоже раньше и соответственно уменьшатся силы давления на поршень, что приведет к снижению скорости нарастания частоты вращения коленчатого вала. Уменьшение ширины фазы открытого состояния впускного клапана приведет к снижению наполнения цилиндра газовой смесью, что снизит газодинамические силы при ее сжатии, а это в свою очередь увеличит скорость нарастания частоты вращения коленчатого вала при пуске двигателя.

Развитие алгоритма управления при пуске ДВС на газовом топливе

Основные причины неустойчивого пуска ДВС или его отсутствия возникнут при неисправности его элементов, элементов топливной системы или датчиков системы электронного управления:

- нарушение подачи газового топлива, например, из-за изменения расходных характеристик газовых форсунок или газового редуктора в процессе эксплуатации, из-за отклонений в показаниях датчика массового расхода воздуха, из-за изменения наполнения цилиндров газовой смесью в процессе износа поршневой группы и впускных и выпускных клапанов и т.д.;
- плохое качество газового топлива из-за содержания большого количества механических примесей и жидкого конденсата;
- различный химический состав газового топлива из-за различных его месторождений или изготовителей и поставщиков;
- неисправности в системе зажигания;
- частота вращения коленчатого вала двигателя при его прокрутке,

недостаточная для пуска ДВС из-за пониженного напряжения в аккумуляторной батарее или высокой вязкости моторного масла при отрицательных температурах окружающего воздуха и т.д.

При пуске ДВС первые четыре причины практически невозможно разделить, не имея дополнительных контрольных датчиков, поэтому для них решение по алгоритму адаптации топливоподачи при пуске можно объединить. Пятую причину можно идентифицировать с помощью датчика положения коленчатого вала двигателя, имеющего чувствительность к низкой частоте вращения КВ двигателя.

Соответственно совершенствовать алгоритм пуска необходимо при вышеназванных отклонениях. При пуске двигателя из-за того, что датчик кислорода начинает выдавать рабочий сигнал только после его прогрева до рабочей температуры, а датчик расхода воздуха имеет свой порог чувствительности, невозможно определить, какая газоздушная смесь поступает в цилиндры – бедная или богатая. Поэтому обычно газовая подача при пуске производится по средним таблицам расхода воздуха в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и температуры двигателя. Более точно расчет газовой подачи можно делать при пуске двигателя по зависимости расхода воздуха от значений измеренного давления и температуры воздуха в его впускной системе. Соответственно алгоритм адаптации пуска можно построить следующим образом:

- ввести счетчик количества пусков ДВС, значение которого сбрасывается до 0 по прохождению заданного времени, например 200-300 с;
- алгоритм изменения газовой подачи необходимо включать не ранее второй или третьей попытки пуска ДВС в течение заданного времени;
- при отсутствии пуска двигателя с первой попытки, во второй и последующих попытках организовать подачу газового топлива при пуске так,

чтобы она изменялась, например, от бедного до богатого состава смеси до появления устойчивых вспышек в цилиндрах. Наличие устойчивых вспышек в цилиндрах можно фиксировать по возрастанию частоты вращения коленчатого вала, при этом необходимо прекратить изменять коэффициент коррекции газовой подачи, фиксировать его отсутствие по прекращению горения в камере сгорания ДВС;

■ сохранять в памяти контроллера значение коэффициента обучения, при котором состоялся пуск ДВС для последующих его пусков, например, для мультипликативной функции циклового расхода газа:

$$G_{ци\ газ} = G_{ц0\ газ} K_{об},$$

где $G_{ци\ газ}$ – значение цикловой подачи газа при i -м пуске;

$G_{ц0\ газ}$ – номинальное значение цикловой подачи газа;

$K_{об} = f(n; G_g; t_{обс}; N_g)$ – безразмерный коэффициент обучения является функцией частоты вращения коленчатого вала, расхода воздуха G_g через ДВС, его температуры $t_{обс}$ и количества его пусков N_g , например, эту функцию можно задать в виде линейной характеристики, изменяющей значение от 0,5 до 2. Если коэффициент коррекции не достиг своего предельного значения (в нашем примере значения 2), то при последующем неустойчивом пуске он продолжает увеличиваться до этого значения или до значения устойчивого пуска двигателя.

Функцию цикловой подачи газа при i -м пуске можно задать и в аддитивной форме, например: $G_{ци\ газ} = G_{ц0\ газ} (1 + K_{об})$. В этом случае функция коэффициента обучения $K_{об}$ будет изменяться от -0,5 до +1.

При низких значениях частоты вращения коленчатого вала двигателя при прокрутке ДВС и его пуске наполнение цилиндров газовой смесью значительно меньше, чем при более высокой частоте. Соответственно будет низким значение давления в камере сгорания в конце процесса сжатия, а значит будет занижена и поцилиндровая мощность и крутящий момент, что

в свою очередь затруднит раскрутку коленчатого вала двигателя при его пуске. Для двигателей, не адаптированных по степени сжатия под газовое моторное топливо, это еще больше усугубит положение при пуске из-за снижения мощности и крутящего момента при переключении с бензина на газовое топливо. В этом случае рекомендуется пуск выполнять на бензине. При пуске на газе можно реализовать следующий алгоритм:

■ при прокрутке коленчатого вала стартером, если его частота вращения, например, ниже 60 мин^{-1} , включается алгоритм обеднения газовой смеси при пуске двигателя;

■ необходимо организовать его цикловую подачу так, чтобы газоздушная смесь была беднее на 10-20% в зависимости от частоты прокрутки коленчатого вала, при этом чем ниже его частота вращения, тем больше процент обеднения. В этом случае коэффициент коррекции газовой подачи при пуске задается в зависимости от частоты прокрутки и температуры двигателя;

■ при пуске двигателя необходимо управлять углом опережения зажигания в зависимости от параметров, указанных в работе [5].

Одним из перспективных направлений совершенствования двигателя и его пуска при работе на газовом топливе является непосредственный впрыск газа в камеру сгорания в процессе сжатия. В этом случае можно избежать потерь мощности и крутящего момента путем улучшения наполнения цилиндров газоздушной смесью. Но данное направление приведет к усложнению газовой топливной системы и снижению выработки газа из баллона.

Заключение

1. В отличие от пуска на бензине, на процесс пуска двигателя на газовом моторном топливе оказывают влияние дополнительные факторы, которые определяются особенностями

его состояния на борту транспортного средства.

2. Для выполнения высоких требований по токсичности отработавших газов прогрев двигателя на газовом моторном топливе необходимо проводить при соответствующем обеднении газоздушной смеси, поступающей в цилиндры.

3. Для реализации в программном обеспечении электронного блока управления двигателя показаны особенности алгоритма его пуска на газовом топливе.

4. Даны предложения по развитию алгоритма управления при пусках ДВС на газовом топливе при различных отклонениях от средних параметров топлив, показаний датчиков системы управления и технического состояния двигателя.

Литература

1. **Шишков В.А.** Работа системы управления ДВС с искровым зажиганием на газовом топливе при пропусках воспламенения. – Транспорт на альтернативном топливе. Международный научно-технический журнал № 4 (10), 2009. – С. 14-21.
2. **Шишков В.А.** Использование энергии перепада давления газа на электромагнитных форсунках (эжекция) для улучшения наполнения цилиндров ДВС смесью газового топлива с воздухом. – Транспорт на альтернативном топливе. Международный научно-технический журнал № 3 (9), 2009. – С. 31-35.
3. **Шишков В.А.** Алгоритм адаптации электронной системы управления ДВС к различным химическим составам газового топлива. – Транспорт на альтернативном топливе, № 1, 2008. – С. 30-35.
4. **Шишков В.А.** Алгоритм управления и диагностики состояния электромагнитных газовых форсунок ДВС с искровым зажиганием. АГЗК+АТ, № 6 (30), 2006. – С. 46-48.
5. **Шишков В.А.** Определение величины увеличения угла опережения зажигания при переключении с бензина на газ в зависимости от скорости горения топливной смеси. – Транспорт на альтернативном топливе, № 3, 2008. – С. 20-23.

Определение значений конвективного тока и тока смещения в ступени ЭГД генератора-детандера для сжижения природного газа

Г.И. Бумагин,

зав. кафедрой Омского государственного технического университета (ОМГТУ), д.т.н.,

А.Г. Лапкина,

ассистент кафедры ОМГТУ

В статье предложена конструкция ЭГД генератора-детандера с новой системой электродов, позволяющей образование возле эмиттера при коронном разряде относительно большого объемного заряда и, как следствие, большего конвективного тока. Это дает возможность развивать в одной ступени относительно большую мощность, до нескольких кВт. Дано решение задачи по определению значений конвективного тока и тока смещения, образуемых возле поверхности коронирующего электрода при пульсирующем напряжении в зависимости от величины и формы приложенного напряжения, конструкции системы электродов, параметров и скорости потока рабочего тела.

Ключевые слова: электрогазодинамический генератор-детандер, переменный ток, конвективный ток, пульсирующее напряжение, ток смещения.

Электрогазодинамический генератор-детандер (ЭГД Г-Д) для сжижения природного газа (ПГ) относится к безмашинным преобразователям энергии, в которых, как и в традиционных механических машинах (генераторе и детандере), совершается термодинамический процесс адиабатного расширения газа с производством работы. Однако в отличие от механических машин, в которых внутренняя энергия сжатого рабочего тела – газа – преобразуется сначала в механическую энергию движущегося (вращающегося) механизма движения (ротора), а затем в электрическую во вращающемся электрогенераторе или тепловую с отводом тепла в окружающую среду, в ЭГД Г-Д внутренняя энергия рабочего тела непосредственно преобразуется в электрическую, минуя механические посредники.

Главное достоинство ЭГД Г-Д – это полное отсутствие движущихся механических частей. В нем движется только природный газ, следствием чего являются полное отсутствие смазки и трения износа, большой ресурс и надежность работы, в связи с чем не требуется постоянного обслуживания таких машин.

Definition the values of convection current and current of displacement in step of the electrogasdynamic generator-detander for natural gas with new system of electrodes at a pulsating voltage

G.I. Bumagin, A.G. Lapkova

The paper determines the values of convection current and corona discharge displacement current at a pulsating voltage. Previously in most cases these values were being determined by a Pick formula, which was true only for the normal discharge conditions and constant voltage. In case of an alternating voltage mainly the experimental values were used. The equations for calculating convection current and displacement current depending on the value of pulsating voltage suggested in the present paper fully comply with the experimental data obtained by the authors earlier [3,4] at an alternating voltage.

Keywords: electrogasdynamic generator-detander, alternating voltage, convection current, pulsating voltage, displacement current.

Принцип работы ЭГД Г-Д для сжижения ПГ основан на силовом взаимодействии униполярно заряженного потока с сильным электрическим полем, при этом поток заряжается с помощью «холодного» коронного разряда.

Как правило, в ранее предложенных конструкциях ЭГД Г-Д [1, 2] в качестве эмиттера применялись иглы, а в качестве вытягивающего электрода и коллектора – металлические кольца, установленные вокруг острия эмиттера. Основным недостатком такой системы электродов является малая величина конвективного тока, образующаяся возле поверхности коронирующей иглы, и, как следствие, малая мощность ступени ЭГД Г-Д, не превышающая 30 Вт. Для получения большой мощности предлагались конструкции ЭГД Г-Д с большим числом ступеней, с параллельным и последовательным их соединением в зависимости от расхода и срабатываемого перепада давлений.

Авторами статьи предложена конструкция ЭГД Г-Д для сжижения ПГ с новой системой электродов, позволяющей получить образование относительно большого объемного заряда возле эмиттера во время коронного разряда и

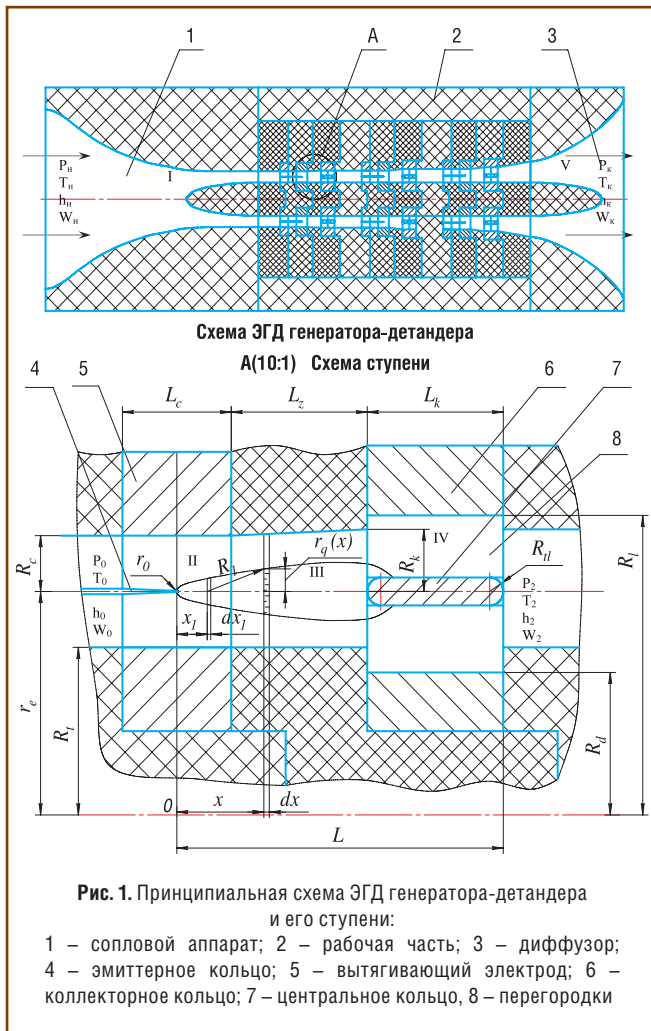


Рис. 1. Принципиальная схема ЭГД генератора-детандера и его ступени:

- 1 – сопловой аппарат; 2 – рабочая часть; 3 – диффузор;
- 4 – эмиттерное кольцо; 5 – вытягивающий электрод; 6 – коллекторное кольцо; 7 – центральное кольцо, 8 – перегородки

большого конвективного тока и, как следствие, реализацию относительно большой мощности в одной ступени (до нескольких кВт).

Принципиальная схема конструкции ЭГД Г-Д и ступени показана на рис. 1.

Проточная часть ЭГД Г-Д, как и турбодетандера, состоит из трех частей: соплового аппарата на входе 1, рабочей части 2 и диффузора 3 на выходе.

Рабочая часть 2 ЭГД Г-Д, как правило, является многоступенчатой, каждая ступень является отдельным расширяющимся каналом с отдельным питанием от общего источника высокого напряжения (ИВН). Ступень представляет собой кольцевой расширяющийся канал с диэлектрическими стенками, в который вставлены три электрода: эмиттерный 4 в форме тонкостенного цилиндра, заостренного со стороны вытягивающего (второго) электрода 5, выполненного в форме коаксиальных колец, и коллекторный электрод 6 в виде коаксиальных колец. Для улучшения процесса рекомбинации в коллектор на оси канала вставлено обтекаемое кольцо 7 на распорках 8.

Принцип работы ЭГД генератора-детандера для получения СПГ заключается в следующем.

Сжатый природный газ или влажный пар поступает на вход ЭГД Г-Д с давлением p_n , температурой T_n , энтальпией h_n и скоростью потока W_n . В сопле 1 поток расширяется и

разгоняется до скорости W_{or} близкой к скорости звука, при этом давление, температура и энтальпия понижаются при адиабатном процессе расширения соответственно до значений p_{or} , T_{or} , h_{or} . Поток рабочего тела при таких параметрах поступает в зону ионизации II, где с помощью коронного разряда, возникающего между острием кольца эмиттера 4 и вытягивающим электродом 5 при подаче напряжения U_0 от источника высокого напряжения (ИВН), возникает объемный заряд возле поверхности эмиттера, который переносится рабочим потоком в зону ЭГД преобразования, образуя конвективный ток. Возле поверхности коронирующего электрода (эмиттера) образуются заряды-ионы (объемный заряд) того же знака, что и на эмиттере. За счет вязкостного взаимодействия между зарядами-ионами и молекулами нейтрального потока, движущегося со скоростью W_{or} заряды выносятся в основную рабочую зону III – зону ЭГД преобразования энергии, образуя униполярно заряженный поток с параметрами $p_1=p_{or}$, $T_1=T_{or}$, $h_1=h_{or}$ и скоростью заряженных частиц (конвективного тока) $W_q = W_0 + bE_0$, где b – подвижность зарядов; E_0 – напряженность электрического поля возле эмиттера.

В зоне ЭГД преобразования энергии нейтральный поток за счет вязкостного взаимодействия с зарядами переносит последние из зоны II с низким потенциалом $\phi \approx 10-20$ кВ в зону IV с высоким потенциалом $\phi \approx 35-110$ кВ против сил электрического поля, совершая тем самым внешнюю работу при адиабатном расширении потока. При этом давление, температура и энтальпия потока понижаются при адиабатном процессе расширения до значений p_2 , T_2 , h_2 . Скорость потока уменьшается в каждой ступени до величины W_2 . В зоне IV происходит рекомбинация зарядов и нейтрализация потока на поверхности коллекторного кольца 6, центрального кольца 7 и перегородках 8. Во внешней электрической сети с сопротивлением нагрузки R_n возникает электрический ток.

На выходе последней ступени поток поступает в диффузор 3, где в канале V происходит расширение потока и дальнейшее понижение скорости до W_k . В процессе адиабатного расширения потока рабочего тела в канале проточной части ЭГД Г-Д его давление, температура и энтальпия, соответственно, понижаются от значений на входе p_n , T_n , h_n до значений на выходе p_k , T_k , h_k . Скорость потока на выходе примерно равна скорости потока на входе $W_k \approx W_n$. При этом совершается работа расширения рабочего тела

$$N_n = m_0 \cdot (h_n - h_k), \quad (1)$$

равная мощности, переданной во внешнюю электрическую сеть,

$$N_{\text{э}} = J_k \cdot U_k, \quad (2)$$

где J_k , U_k – соответственно электрический ток и напряжение на коллекторе; m_0 – массовый расход рабочего тела.

Для нахождения мощности, образующейся на поверхности коллектора и передаваемой во внешнюю электрическую сеть, важной задачей является определение значений конвективного тока, образуемого в процессе ионизации при коронном разряде возле поверхности эмиттера. В случае питания коронного разряда от ИВН

с пульсирующим напряжением возле коронирующего электрода возникает не только конвективный ток, но и ток смещения [3].

Ниже предложено решение задачи по определению величин как конвективного тока, так и тока смещения, образуемого возле поверхности коронирующего электрода в зависимости от величины и формы приложенного пульсирующего напряжения, конструкции системы электродов, параметров и скорости рабочего потока.

Значения конвективного тока и тока смещения, образуемых возле коронирующего электрода, являются граничными условиями для расчета процессов преобразования энергии в основной рабочей зоне III ступени ЭГД Г-Д (рис. 1).

Известно, что при питании эмиттера пульсирующим напряжением корона горит не непрерывно, как при постоянном напряжении, а прерывисто [3, 6]. В одни моменты изменения напряжения корона возникает и горит, а в другие она гаснет. В результате прерывистого горения короны

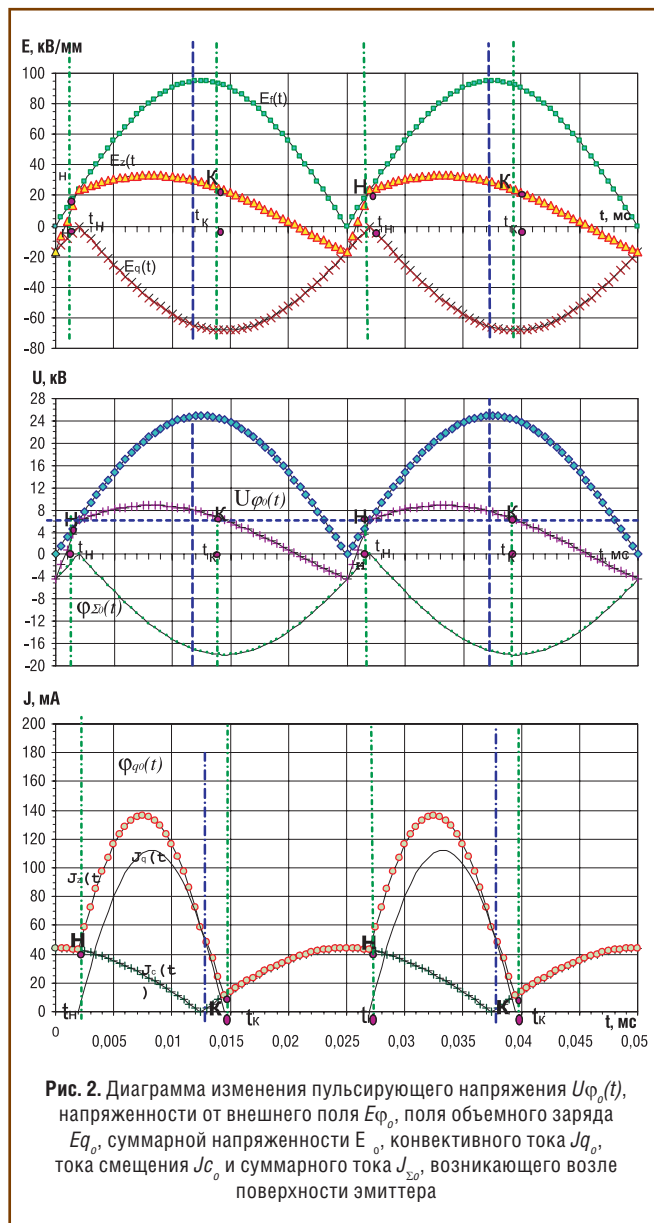


Рис. 2. Диаграмма изменения пульсирующего напряжения $U_{\phi}(t)$, напряженности от внешнего поля E_{ϕ} , поля объемного заряда E_q , суммарной напряженности E_{Σ} , конвективного тока J_{q_0} , тока смещения J_c и суммарного тока J_{Σ_0} , возникающего возле поверхности эмиттера

объемный заряд образуется и поступает в зону ЭГД преобразования определенными порциями – волнами.

Пульсирующее напряжение (рис. 2) описывается уравнением:

$$U_{\phi_0}(t) = U_0 \cdot |\text{Sin}(\omega \cdot t)|, \quad (3)$$

где U_0 – амплитуда пульсирующего напряжения; $\omega=2\pi f$ – угловая частота; $f=1/T_0$ – частота; T_0 – период пульсации напряжения.

Экспериментальные исследования [3, 4] показали, что при пульсирующем напряжении коронный разряд зажигается в момент времени t_H , когда напряжение питания $U_{\phi_0}(t)$ достигает значения U^* (начального напряжения зажигания), а напряженность электрического поля на поверхности эмиттера равна начальной $E_{\Sigma_0}(t) = E^*$, и гаснет в момент времени t_K , когда $U_{\phi_0}(t)$ еще значительно выше начального U^* . Это объясняется тем, что после зажигания коронного разряда в момент t_H возле поверхности эмиттера во внутренней области разряда образуется униполярный объемный заряд с плотностью зарядов $q_0(t)$ и поступает в зону ЭГД преобразования, которая образует свое электрическое поле возле эмиттера с напряженностью $E_{q_0}(t)$, направленное против внешнего поля $E_{\phi_0}(t)$.

В результате этого суммарное электрическое поле после момента t_K на поверхности эмиттера становится меньше начального E^* , и корона угасает (рис. 2). От момента t_K до нового t_H корона не горит, так как суммарное электрическое поле $E_{\Sigma_0}(t) < E^*$ и нет выхода объемного заряда в зону ЭГД преобразования. Во время горения короны от t_H до t_K объемный заряд с плотностью $q_0(t)$ выносятся потоком рабочего тела, набегающего со скоростью W_0 из зоны ионизации II в зону ЭГД преобразования III, образуя конвективный ток, который возле поверхности эмиттера равен

$$J_{q_0}(t) = q_0(t) \cdot W_{q_0}(t) \cdot F_1, \quad (4)$$

где W_{q_0} – скорость перемещения зарядов возле поверхности эмиттера, которая в осевом направлении равна

$$W_{q_0}^x(t) = W_0 + b \cdot E_{\Sigma_0}^x(t), \quad (5)$$

$$W_{q_0}^r(t) = b \cdot E_{\Sigma_0}^r(t). \quad (6)$$

F_1 – площадь внешней поверхности генерирующего объема возле эмиттера, равная поверхности возникающего «чехла» короны – внутренней области разряда, которая для предложенной конструкции эмиттерного электрода равна поверхности тора (рис. 3):

$$F_1 = 2\pi r_e \cdot 2\pi \Delta s = 4\pi^2 r_e r_1, \quad (7)$$

где r_e – радиус цилиндра эмиттерного электрода; $\Delta s=r_1$ – радиус внутренней зоны разряда «чехла» короны.

Кроме конвективного тока, возникающего возле поверхности коронирующего электрода, при пульсирующем напряжении в зоне ионизации, в частности, на поверхности эмиттера, имеет место ток смещения, который определяется по уравнению

$$J_{c_0}(t) = \epsilon \epsilon_0 \frac{dE_{\phi_0}(t)}{dt} F_0, \quad (8)$$

где F_0 – генерирующая поверхность эмиттерного электрода, равная поверхности тора с радиусом r_e и радиусом кривизны острия эмиттера r_0 (рис. 3)

$$F_0 = 4\pi^2 r_e r_0. \quad (9)$$

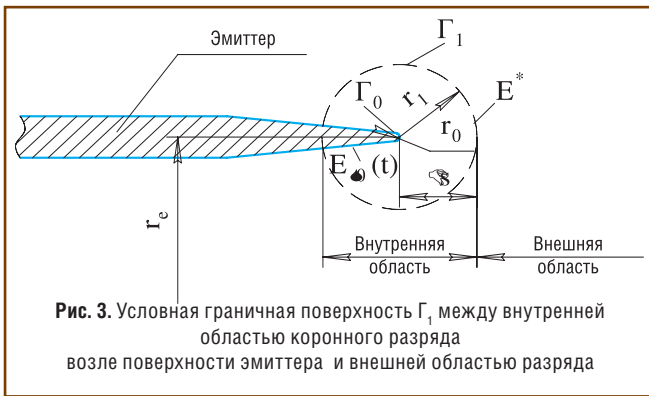


Рис. 3. Условная граничная поверхность Γ_1 между внутренней областью коронного разряда возле поверхности эмиттера и внешней областью разряда

В результате суммарный ток во время горения коронного разряда возле эмиттерного электрода и на его поверхности равен

$$J_0(t) = J_{q_0}(t) + J_{c_0}(t). \quad (10)$$

При отсутствии горения короны на поверхности эмиттера имеет место только ток смещения, и суммарный ток в это время равен

$$J_0(t) = J_{c_0}(t). \quad (11)$$

По мнению авторов [3, 4], при переменном напряжении ток смещения возле поверхности эмиттера состоит из отдельных импульсов, которые возникают в промежутках времени между горениями короны от момента t_k до нового t_n (рис. 2). Во время же горения короны от t_n до t_k ток смещения отсутствует, так как авторы считают, что суммарная напряженность поля на поверхности острия эмиттера в это время остается величиной постоянной и равной E^* – начальной напряженности зажигания короны. Однако, если проанализировать осциллограмму тока возле поверхности эмиттера, полученную теми же авторами [4], то можно заметить, что ток смещения на поверхности острия эмиттера имеет место как при горении короны, так и при его отсутствии.

Это можно объяснить тем, что при горении короны вся зона между поверхностью эмиттера и поверхностью вытягивающего электрода разделяется условной граничной поверхностью Γ_1 (рис. 3) на две области: внутреннюю и внешнюю [5]. Внутренняя приэлектродная область возле поверхности коронирующего электрода – «чехол» короны – чрезвычайно мала по сравнению с внешней, ее радиус $r_1 = \Delta s$ находится на уровне $\Delta s = 10^{-5} - 10^{-6}$ м. Она расположена между поверхностью коронирующего электрода Γ_0 и условной граничной поверхностью Γ_1 . Во время коронного разряда напряженность поля в ней несколько выше начальной напряженности $E_{\Sigma 0}(t) > E^*$, особенно на самой поверхности эмиттера, а на условной граничной поверхности Γ_1 во время горения коронного разряда от t_n до t_k суммарная напряженность поля остается величиной постоянной и равной начальной напряженности E^* . В результате во внутренней области происходят все молекулярно-кинетические и электрохимические реакции, которые приводят к образованию униполярно заряженного потока на выходе из внутренней области во внешнюю. Во внешней области разряда, где суммарная напряженность поля значительно ниже начальной напряженности $E_{\Sigma 0}(t) < E^*$, электрохимические и молекулярно-кинетические реакции не происходят и практически нет образования объемного заряда.

Напряженность поля во внутренней области коронного разряда равна сумме напряженности $E_{\varphi_0}(t)$ от приложенного напряжения $U_{\varphi_0}(t)$ и напряженности $E_{q_0}(t)$ от объемного заряда, находящегося в данный момент t в зоне ЭГД преобразования, во внешней области разряда

$$E_{\Sigma 0}(t) = E_{\varphi_0}(t) + E_{q_0}(t) \geq E^*. \quad (12)$$

Величину конвективного тока $J_{q_0}(t)$, образующегося во внутренней области коронного разряда, определим, исходя из условия, что плотность образуемого объемного заряда возле эмиттера $q_0(t)$ во время горения коронного разряда пропорциональна разности напряженности поля $E_0(t)$ непосредственно на поверхности эмиттера и напряженности возле поверхности эмиттера, на граничной поверхности Γ_1 , равной начальной напряженности E^* , то есть

$$q_0(t) = \varepsilon \varepsilon_0 N \left((E_{\varphi_0}(t) + E_{q_0}(t)) - E^* \right), \quad (13)$$

где $N = 1/\Delta s$ – коэффициент пропорциональности, определяемый радиусом внутренней области коронного разряда $r_1 = \Delta s$ генерирующей поверхности возле поверхности эмиттера.

Значение напряженности внешнего поля $E_{\varphi_0}(t)$ найдем, как граничное условие, из уравнения Фарадея (1-е уравнение Максвелла) для одномерного приближения по радиусу r :

$$U_{\varphi_0}(t) = \int E_{\varphi_0}(t) dr, \quad (14)$$

и уравнения Гаусса для потока напряженности поля в произвольный момент времени t :

$$E_{\varphi_0}(t) = \frac{\Phi_{\varphi_0}(t)}{F_r(r)}, \quad (15)$$

где $\Phi_{\varphi_0}(t)$ – поток напряженности поля в момент времени t , равный постоянной величине по радиусу r : $\Phi_{\varphi_0}(t) = C_{(t)} \cdot F_r(r)$; $F_r(r)$ – кольцевая площадь сечения потока напряженности между генерирующей поверхностью эмиттера, равной

$$F_0 = 2\pi r_e \cdot 2\pi r_0 = 4\pi^2 r_e r_0, \quad (16)$$

и поверхностью вытягивающего электрода

$$F_c = 4\pi r_e \cdot L_c. \quad (17)$$

Будем считать, что сечение $F_r(r)$ изменяется по закону

$$F_r(r) = B + A(r - r_e)^2, \quad (18)$$

Граничными условиями этого уравнения являются:

$$r = \begin{cases} r_e + R_c \rightarrow F_r(r) = 4\pi r_e L_c; \\ r_e - R_c \end{cases} \quad (19)$$

$$r = r_e \rightarrow F_r(r) = 4\pi^2 r_e r_0.$$

Отсюда определим коэффициенты A и B :

$$A = 4\pi r_e (L_c - \pi r_0) / R_c^2; \quad (20)$$

$$B = 4\pi^2 r_e r_0.$$

Тогда площадь кольцевого сечения на радиусе r будет равна

$$F_r(r) = \frac{a^2}{4\pi^2 r_e r_0} \left(a^2 + (r - r_e)^2 \right), \text{ где } a^2 = \frac{R_c^2}{\frac{L_c}{\pi r_0} - 1}. \quad (21)$$

Из уравнений (14) и (15) для граничных условий кольцевой площади напряженности поля получаем:

$$U_{\varphi_0}(t) = \int_{r_e}^{r_e+R_c} \frac{C(t)}{F_r(r)} dr. \quad (22)$$

С использованием (21) определяем поток напряженности поля в момент t :

$$C(t) = \frac{U_{\varphi_0}(t)}{\int_{r_e}^{r_e+R_c} \frac{dr}{F_r(r)}} = \frac{U_{\varphi_0}(t)}{\frac{4\pi^2 r_e r_0}{a^2} \int_{r_e}^{r_e+R_c} \frac{dr}{a^2 + (r-r_e)^2}} = \frac{U_{\varphi_0}(t) a^2}{4\pi^2 r_e r_0 \int_0^{R_c} \frac{dy}{a^2 + y^2}} = \frac{U_{\varphi_0}(t) a^2}{4\pi^2 r_e r_0 \cdot \frac{1}{a} \operatorname{arctg}\left(\frac{R_c}{a}\right)}. \quad (23)$$

Зная величину $C(t)$, найдем величину напряженности внешнего электрического поля на кольцевой поверхности $F_r(r)$:

$$E_{\varphi_r}(t) = \frac{C(t)}{F_r(r)} = \frac{U_{\varphi_0}(t) a^3}{4\pi^2 r_e r_0 \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{R_c}{a}\right) \cdot a^2 (a^2 + (r-r_e)^2)} = \frac{U_{\varphi_0}(t) \cdot a}{(a^2 + (r-r_e)^2) \operatorname{arctg}\left(\frac{R_c}{a}\right)}, \quad (24)$$

где $a = \frac{R_c}{\sqrt{\frac{L_c}{\pi r_0} - 1}}$.

При $r=r_e$ напряженность внешнего электрического поля на поверхности эмиттера будет равна

$$E_{\varphi_{r0}}(t) = \frac{U_{\varphi_0}(t)}{a \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{R_c}{a}\right)} = \frac{U_{\varphi_0}(t) \sqrt{\frac{L_c}{\pi r_0} - 1}}{R_c \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{R_c}{R_c \sqrt{\frac{L_c}{\pi r_0} - 1}}\right)} = \frac{U_{\varphi_0}(t) \cdot c_r}{R_c \cdot \operatorname{arctg}(c_r)}, \quad (25)$$

где $c_r = \sqrt{\frac{L_c}{\pi r_0} - 1}$.

Напряженность электрического поля от пространственного заряда $E_{q_0}(t)$ на поверхности эмиттера определим, основываясь на анализе расчетов, приведенных в [6], которые показывают, что при пульсирующем напряжении, описываемом уравнением (1), и при условии, что длина зоны ЭГД преобразования L (рис. 1) связана с частотой пульсирующего напряжения f и средней скоростью перемещения зарядов W_{qx} , следующим соотношением

$$L = \frac{W_{qx}}{2f}. \quad (26)$$

При этих условиях рост напряженности $E_{q_0}(t)$ начинается с момента времени t_n – начала горения коронного разряда, который отстает от начального момента t_0 роста напряжения на величину Δt_n и когда суммарная напряженность на поверхности эмиттера равна E^* . При этом рост напряженности $E_{q_0}(t)$ по мере поступления заряда в зону ЭГД преобразования происходит также по синусоидальному закону. В

момент времени t_k , когда все межэлектродное пространство от эмиттера до коллектора заполнено объемным зарядом и его передний фронт достигает поверхности коллектора, напряженность $E_{q_0}(t)$ достигает своего максимума, а суммарная напряженность $E_o(t_k)$ уменьшается до значения E^* , и коронный разряд угасает. В этот момент задний фронт волны объемного заряда отходит от эмиттера, а передний фронт начинает рекомбинировать на поверхности коллектора. После момента t_k значение $E_{q_0}(t)$ уменьшается по синусоидальному закону. В момент нового значения t_n последняя порция волны объемного заряда рекомбинирует на поверхности коллектора, напряженность $E_{q_0}(t)$ становится равной нулю, напряжение $U_o(t)$ снова достигает значения U^* , а суммарная напряженность поля на поверхности эмиттера становится равной E^* , снова загорается коронный разряд, и все процессы образования волны объемного заряда и ее рекомбинации повторяются.

Как показал анализ расчетов напряженности $E_{q_0}(t)$, ее максимальная амплитуда имеет место в момент времени t_k и значение напряженности $E_{q_0}(t_k)$ примерно на одну четвертую меньше максимальной амплитуды напряженности $E_o(t_k)$ от приложенного напряжения [6]. Учитывая вышесказанное, для приближенных расчетов можно принять, что напряженность $E_{q_0}(t)$ изменяется по синусоидальному закону и равна

$$E_{q_0}(t) = -0,72 \frac{U_{\varphi_0}(t - \Delta t_n) c_r}{R_c \cdot \operatorname{arctg}(c_r)}. \quad (27)$$

Зная величины $E_o(t)$, $E_{q_0}(t)$ и E^* , можно найти в соответствии с (13) величину плотности образуемого объемного заряда $q_0(t)$ возле генерирующей поверхности эмиттера, выходящего из генерирующего объема – «чехла» короны:

$$q_0(t) = \frac{\varepsilon E_o(U_{\varphi_0}(t) + \varphi_{q_0}(t) - U^*) c_r}{r_1 \cdot R_c \cdot \operatorname{arctg}(c_r)}, \quad (28)$$

где $\varphi_{q_0}(t)$ – потенциал поля от пространственного заряда на поверхности эмиттера

$$\varphi_{q_0}(t) = -0,72 \cdot U_{\varphi_0}(t - \Delta t_n). \quad (29)$$

Величину конвективного тока $J_{q_0}(t)$ на выходе из генерирующего объема возле поверхности эмиттера найдем из условия, что плотность возникающего конвективного тока $j_{q_0}(t)$ и выходящего в зону ЭГД преобразования имеет две составляющие: радиальную $j_{q_0}^r(t)$, движущуюся в радиальном направлении со скоростью $W_{q_0}^r(t) = bE_{\Sigma_0}(t)$, и осевую $j_{q_0}^x(t)$, движущуюся в осевом направлении со скоростью $W_{q_0}^x(t) = W_0 + bE_{\Sigma_0}(t)$. Соответственно радиальная и осевая составляющие плотности конвективного тока равны:

$$j_{q_0}^r(t) = q_0(t) \cdot W_{q_0}^r(t) = q_0(t) bE_{\Sigma_0}(t) \quad (30)$$

$$j_{q_0}^x(t) = q_0(t) \cdot W_{q_0}^x(t) = q_0(t) (W_0 + bE_{\Sigma_0}(t)). \quad (31)$$

Отношение этих токов определяет траекторию и внешнюю граничную поверхность движения конвективного тока, которую можно найти, как

$$\frac{j_{q_0}^r(t)}{j_{q_0}^x(t)} = \frac{bE_{\Sigma_0}(t)}{W_0 + bE_{\Sigma_0}(t)} = \operatorname{tg}(\alpha_0). \quad (32)$$

Соответственно результирующая плотность конвективного тока будет равна





$$j_{q_0}(t) = \frac{j^r_{q_0}(t)}{\sin(\alpha_0)} = \frac{j^x_{q_0}(t)}{\cos(\alpha_0)}, \quad (33)$$

и результирующий конвективный ток с учетом уравнения (7) будет равен

$$J_0(t) = \frac{j^r_{q_0}(t)}{\sin(\alpha_0)} F_1 = \frac{j^x_{q_0}(t)}{\cos(\alpha_0)} F_1 = \frac{j^x_{q_0}(t)}{\cos(\alpha_0)} 4\pi^2 r_e r_i. \quad (34)$$

Используя уравнения (28), (31) и (34), можно определить величину конвективного тока, выходящего из генерирующего объема коронного разряда возле поверхности эмиттера:

$$J_0(t) = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 (U_{\varphi_0}(t) + \varphi_{q_0}(t) - U^*) c_r}{\cos(\alpha_0) r_e R_c \arctg(c_r)} (W_0 + bE_{z_0}(t)) 4\pi^2 r_e r_i. \quad (35)$$

Ток смещения $J_{C_0}(t)$ на генерирующей поверхности эмиттера из (8) и (24) будет равен

$$J_{C_0}(t) = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{dE_{\varphi_0}(t)}{dt} F_0 = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{U_0 \cdot \omega \cdot |\cos(\omega t)| c_r}{R_c \cdot \arctg(c_r)} 4\pi^2 r_e r_i. \quad (36)$$

Результаты расчета значений конвективного тока $J_{q_0}(t)$, тока смещения $J_{C_0}(t)$, суммарного тока $J_{\Sigma_0}(t)$, а также напряженности внешнего поля $E_{\varphi_0}(t)$, поля объемного заряда $E_{q_0}(t)$ и суммарной напряженности поля $E_{\Sigma_0}(t)$, возникающих на поверхности эмиттера в зависимости от приложенного пульсирующего напряжения $U_{\varphi_0}(t)$ для ступени ЭГД Г-Д с предложенной системой электродов, при частоте пульсирующего напряжения $f=20$ кГц и под-

вижности зарядов $b=3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, показаны на рис. 2. Эти зависимости хорошо согласуются с результатами экспериментального исследования, полученными Левитовым В.И. и Попковым В.И. и представленными в [4].

Литература

1. **Рубашов И.Б., Бортников Ю.С.** Электрогазодинамика. – М.: Атомиздат, 1971. – С. 374.
2. **Gourdine M.Jn.** Proceedings. International Symposium on Electrohydrodynamics. Massachusetts. Inst. Of Technology, USA, 1969. – P. 164.
3. **Левитов В.И.** Корона переменного тока. – М.: Энергия, 1975. – С. 278.
4. **Попков В.И.** Коронный разряд и линии сверхвысокого напряжения: Избранные труды. – М.: «Наука», 1990 г. – С. 255.
5. **Ватажин А.Б., Грабовский В.И., Лихтер В.А.** Электрогазодинамические течения. – М.: «Наука», 1983 г. – С. 344.
6. **Бумагин Г.И., Овчинников С.Г., Раханский А.Е.** К расчету конвективного тока и тока смещения в ЭГД нагнетателях при пульсирующем напряжении. – Вестник международной академии холода. – С.-Петербург. М.: выпуск 1, 2007. – С. 23-26.

Козлов С.И., Фатеев В.Н.
Водородная энергетика:
современное состояние,
проблемы, перспективы.
 Под ред. Е.П. Велихова.
 – М.: Газпром ВНИИГАЗ.
 – 520 с., пер.

Предлагаемая вниманию читателя книга посвящена анализу современного состояния водородной энергетики, проблемам и перспективам ее развития.

Снижение добычи нефти и газа, увеличение потребностей промышленности в энергии и вызванный этими факторами рост цен на нефть и природный газ, безусловно, приведут к изменению ресурсной базы энергоносителей. Водородная энергетика относится к разряду критических технологий, которые интенсивно развиваются в России и во всем мире. Основная цель создания и широкого применения водородных технологий – снижение зависимости экономики от углеводородных энергоносителей и решение широкого круга экологических проблем.

Технологии водородной энергетики представляют несомненный интерес для газовой промышленности, что нашло отражение в настоящей монографии. В данной работе большое внимание уделено научным аспектам проблемы, представлен обширный справочный материал по всем направлениям водородной энергетики: получению, хранению, транспортировке водорода, его применению для производства энергии, а также по вопросам безопасности.


Книга рекомендована как для широкого круга специалистов, занимающихся изучением и развитием водородных технологий, так и для преподавателей, аспирантов и студентов высших учебных заведений химического и инженерного профиля.

«Книга «Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы» является первым опытом системного обобщения вопросов развития водородной энергетики и топливных элементов».


Научный редактор, академик РАН Е.П. Велихов

«Несомненным преимуществом данной работы является то, что в ней отражены не только известные промышленные процессы, но и новые перспективные разработки, выполнен сравнительный анализ рассматриваемых технологий».

Заведующий кафедрой химии и электрохимической энергетики
МЭИ (ТУ), д.х.н., профессор Н.В. Кулешов



Сергей Иванович КОЗЛОВ,
зам. генерального директора по науке ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.



Владимир Николаевич ФАТЕЕВ,
директор Института водородной энергетики и плазменных технологий РНЦ «Курчатовский институт», д.т.н.

По вопросам приобретения книги обращаться в редакционно-издательский отдел ООО «Газпром ВНИИГАЗ»:
 E. Kharybina@vniigaz.gazprom.ru • Тел.: (495) 355-91-73



Спиртовые топлива для дизельных двигателей

В.А. Марков,

профессор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н.,

Н.Н. Патрахальцев,

профессор Российского университета дружбы народов (РУДН), д.т.н.

В статье проведен анализ физико-химических свойств спиртов, которые могут применяться в качестве топлив в дизельных двигателях. Рассмотрены способы организации рабочего процесса дизеля при использовании указанных топлив. Представлены некоторые результаты экспериментальных исследований дизелей, работающих на спиртовых топливах.

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, спиртовые топлива, метанол, этанол, пропанол, бутанол.

Alcohol Fuels for Diesel Engines

V.A. Markov, N.N. Patrakhal'tsev

Analysis of physico-chemical properties of alcohols which could be used as a fuel for diesel engines is carried out in this paper. The ways of organizing diesel engine operation process when using indicated fuels are considered. Certain results of the experimental research into diesel engines running on alcohol fuels are presented.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, alcohol fuels, methanol, ethanol, propanol, butanol.

Характерными особенностями современного этапа развития топливно-энергетического комплекса являются дефицит нефтяного сырья, повышение мировых цен на нефть и нефтепродукты и все более широкое использование моторных топлив, производимых из альтернативных сырьевых ресурсов. Среди альтернативных топлив, используемых в транспортных энергетических установках, одними из наиболее перспективных считаются спирты и топлива, производимые на их основе [1, 2]. Спиртовые топлива можно получить из любого углеводородного сырья, как минерального (природный газ, уголь, горючие сланцы), так и органического (картофель, свекла, другие сельскохозяйственные культуры, растительные отходы, во-

доросли и др.). Среди преимуществ спиртовых топлив необходимо, в первую очередь, отметить наличие в их молекулах атомов кислорода, что позволяет заметно улучшить показатели токсичности отработавших газов (ОГ) двигателей внутреннего сгорания.

Спирты являются соединениями органического происхождения и характеризуются присутствием в их молекуле одной или нескольких гидроксильных групп ОН (рис. 1) [1]. В зависимости от числа этих групп спирты подразделяются на одноатомные, двухатомные и многоатомные. В группе одноатомных спиртов выделяются нормальные спирты, в которых соединены между собой атомы углерода образуют неразветвленную цепочку углеводородных групп

CH_3 и CH_2 , а гидроксильная группа ОН соединена с последней группой CH_2 в этой цепи (нормальный пропанол, нормальный бутанол и др. на рис. 1), и изомеры этих спиртов. Среди одноатомных спиртов в зависимости от положения гидроксильной группы различают первичные RCH_2OH (например, нормальный бутанол), вторичные RCHOH (втор-бутанол) и третичные спирты RCOH (трет-бутанол, R – радикал, рис. 1).

Простейший из спиртов – метиловый спирт (метанол, карбинол, древесный спирт) CH_3OH – является ядовитой бесцветной легкоподвижной жидкостью со слабым спиртовым запахом, подобным запаху этилового спирта. Легко смешивается с водой в любых соотношениях, смешивается со спиртами, бензолом, ацетоном и другими органическими растворителями, не смешивается с алифатическими углеводородами. Его получают путем каталитического гидрирования монооксида углерода СО синтез-газа (смесь СО и H_2). Синтез-газ, в свою очередь, получают при окислении природного газа, или газификации твердого углеродсодержащего сырья, (например, угля), биомассы и др. В частности, метанол может быть получен сухой перегонкой древесины. Обладает высоким октановым числом, поэтому его добавляют в автомобильные бензины. Метанол является ядовитым веществом. Некоторые физико-химические свойства метанола приведены в табл. 1 [3].

Другой характерный представитель спиртов – этиловый спирт (этанол, метилкарбинол, винный спирт) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) – бесцветная легкоподвижная жидкость со жгучим вкусом и характерным запахом. Смешивается с водой в любых пропорциях. Этиловый спирт является хорошим растворителем смол, жиров и других органических веществ. Это позволяет получать на его основе различные смесевые топлива, приближающиеся по своим свойствам к стандартным дизельным топливам. Синтетический этанол получают гидратацией этилена

C_2H_4 . Широко применяется его получение гидролизом растительных материалов (в частности, древесины) или сбраживанием сахаристых веществ, содержащихся в биомассе. В результате последнего процесса получают винный спирт. Некоторые свойства этанола приведены в табл. 1 [3].

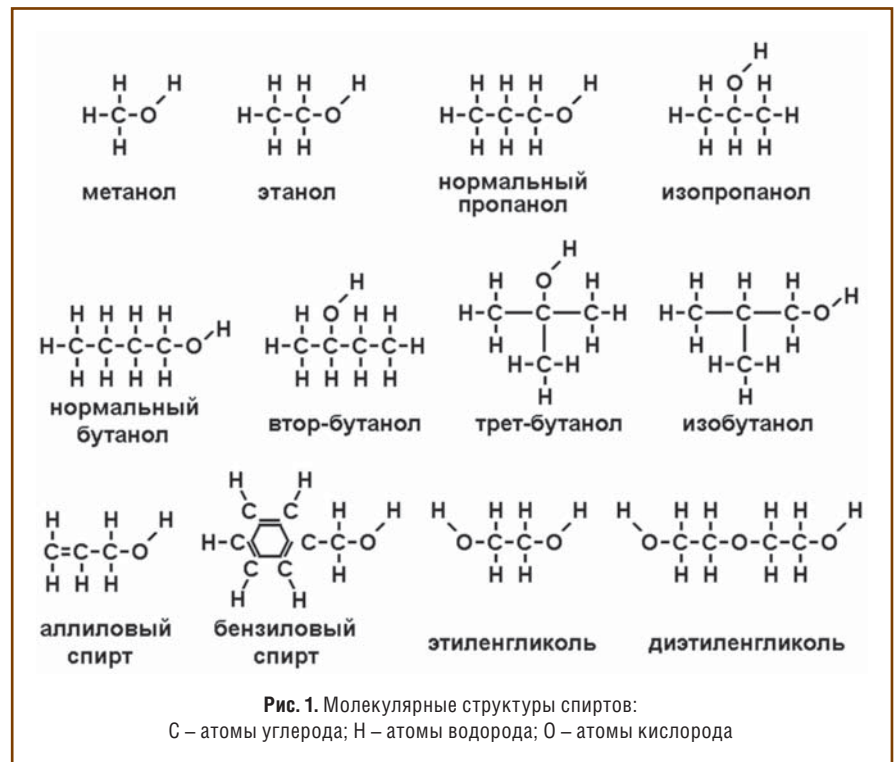
В ряде стран широкое применение в качестве топлива для ДВС получил газохол – смесь бензина с этанолом в соотношении 9:1 [4]. Он представляет собой жидкость с плотностью $\rho=730-760$ кг/м³, пределами выкипания 25-210°C, низшей теплотой сгорания $H_u=41900$ кДж/кг, теплотой испарения $Q_{исп}=465$ кДж/кг.

Кроме этанола и метанола в качестве топлив для ДВС могут быть использованы и другие алифатические спирты, имеющие неразветвленную структуру – пропиловый, бутиловый, амиловый (пентанол), гексанол, гептанол, октанол, деканол, а также их изомеры.

Нормальный пропиловый спирт (н-пропанол, 1-пропанол, 1-оксипропан, этилкарбинол) – $CH_3CH_2CH_2OH$ (или C_3H_7OH) – бесцветная жидкость с характерным спиртовым запахом, хорошо смешивающаяся с водой, спиртами, эфирами, бензолом. Его получают гидрированием пропионового альдегида или омылением пропиладогенидов. Растворитель природных и синтетических смол, восков.

Изопропиловый спирт (изопропанол, втор-пропанол, 2-пропанол, диметилкарбинол) $CH_3CH(OH)CH_3$ (или C_3H_7OH) – вторичный спирт, прозрачная бесцветная жидкость со слабым спиртовым запахом, смешивающаяся с водой и органическими растворителями. Получают гидратацией пропилена. Растворитель ацетатов целлюлозы, этилцеллюлозы, целлофана, эфирных масел, алкалоидов. Компонент антифризов, заменитель этанола во многих областях его применения.

Нормальный бутиловый спирт (н-бутанол, 1-бутанол) – $CH_3(CH_2)_2CH_2OH$ (или C_4H_9OH) – бесцветная жидкость с характерным спиртовым запахом. Ограниченно растворим в воде, сме-



шивается со спиртами и эфирами. В промышленности бутанол получают ферментативным брожением углеводсодержащих веществ, синтезом из пропилена в присутствии катализаторов, синтезом из ацетальдегида, выделением из отходов производства синтетического каучука.

Вторичный бутиловый спирт (втор-бутанол, 2-бутанол, метилэтилкарбинол) – $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ (или C_4H_9OH) – бесцветная жидкость со спиртовым запахом. Втор-бутанол получают взаимодействием концентрированной серной кислоты с бутенами с последующим гидрированием втор-бутил-серной кислоты. Синтез втор-бутанола осуществляется из бутан-бутиленовой фракции, получающейся при парофазном крекинге нефти, содержащей значительное количество бутенов (до 32%). Получают также гидролизом вторичного бутилхлорида, который образуется наряду с первичным бутилхлоридом при хлорировании н-бутана. Алкилирующий и дегидратирующий агент. Компонент тормозных жидкостей. Высокооктановый компонент моторных топлив.

Трет-бутиловый спирт (трет-бутанол, триметилкарбинол, 2-метил-2-

пропанол) – $(CH_3)_3COH$ (или C_4H_9OH) – третичный спирт, бесцветная жидкость (при $t>25,5^\circ C$) с камфарным запахом. Получают действием 65 %-ной серной кислоты на смесь изобутилена с бутиленами с последующим гидрированием сернокислого эфира. Растворитель, антисептик, душистое вещество в парфюмерии, применяется для денатурирования этанола. Отличается высокой температурой плавления ($t=25,5^\circ C$).

Изобутиловый спирт (изобутанол, 2-метил-1-пропанол) – $(CH_3)_2CHCH_2OH$ (или C_4H_9OH) – первичный спирт, бесцветная жидкость со спиртовым запахом. В значительных количествах содержится в сивушных маслах, откуда может быть выделен дробной перегонкой. Синтетический изобутиловый спирт получают из синтез-газа (смеси CO и H_2) в присутствии катализатора или гидрированием изомаляного альдегида. Из полученной при таком синтезе смеси спиртов изобутанол выделяют перегонкой. Растворитель лаков и красок, используется для синтеза пластификаторов и гербицидов. Компонент масел и тормозных жидкостей.

Нормальный амиловый спирт (н-пентанол, 1-пентанол, н-бутилкарби-

нол) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) – бесцветная жидкость с характерным «сивушным» запахом, растворимая в органических растворителях. Смешивается с растительными и минеральными маслами, растворяет смолы. Получают дистилляцией сивушных масел брожения или хлорированием пентанов с последующим омылением продуктов щелочью. Используется в производстве сложных эфиров, порохов, пищевых эссенций, валериа-

новой кислоты. Растворитель лакокрасочных материалов. Обладает наркотическим действием, раздражает слизистые оболочки.

Вторичный амиловый спирт (втор-пентанол, 2-пентанол, 1-метил-1-бутанол, метилпропилкарбинол) – $\text{C}_3\text{H}_7\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ (или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях. Получают дистилляцией сивушных масел или хлорированием пентанов с последу-

ющим обработкой щелочью. Применяют для синтеза сложных эфиров, как растворитель лакокрасочных материалов, в производстве порохов, пищевых эссенций. Раздражает кожу, обладает наркотическим действием.

Изоамиловый спирт (3-пентанол, 1-этил-1-пропанол, диэтилкарбинол) – $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CHOH}$ (или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) – вторичный спирт, бесцветная жидкость с характерным запахом. Получение аналогично получению

Таблица 1

Физико-химические свойства метанола, этанола, бутанолов

Показатели	Спирты							
	Метанол	Этанол	Н-пропанол	Изо-пропанол	Н-бутанол	Втор-бутанол	Трет-бутанол	Изо-бутанол
Формула состава	CH_3OH	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$
Молекулярная масса	32,04	46,07	60,10	60,10	74,12	74,12	74,12	74,12
Плотность при 20°C, кг/м ³	791,7	789,0	803,5	785,1	809,8	806,0	788,7	802,1
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	0,75	1,00	2,81	3,09	3,60	5,22	4,20	4,50
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	22,1	22,0	23,8	21,7	24,2	23,0	–	22,1
Цетановое число	5	8	–	–	18	–	15	–
ОЧ по моторному методу	98	99	–	90	87	–	95	94
ОЧ по исследовательскому методу	112	111	–	110	–	112	–	113
Температура плавления, °C	–97,8	–114,6	–126,2	–89,5	–89,8	–114,7	25,5	–108,0
Температура кипения, °C	64,7	78,4	97,2	82,4	117,5	99,5	82,9	108,4
Критическая температура, °C	249,4	243,7	263,7	235,6	288,6	264,0	235,0	271,0
Критическое давление, МПа	8,02	6,38	5,10	5,38	4,68	4,53	4,96	4,58
Температура вспышки, °C	10,0	12,2	23,0	13,0	34,0	24,0	10,0	28,0
Температура самовоспламенения, °C	464	426	371	–	345	–	480	390
Концентрационные пределы воспламенения, %	6,7–36,5	3,2–19,0	2,1–13,5	2,2–13,0	1,8–12,0	1,9–7,9	–	1,8–7,3
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	19670	26800	30700	32800	33100	–	–	32980
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	6,49	9,01	10,36	10,36	11,20	11,20	11,20	11,20
Теплота испарения, кДж/кг	1115	870	749	670	591,2	562,4	535,4	578,4
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20°C, кПа	24,6	12,2	2,0	5,2	0,8	2,4	5,6	1,2
Теплоемкость C_p при 0,1 МПа и 20°C, кДж/(кг град)	2,51	2,47	2,45	2,68	2,43	2,73	–	2,38
Содержание, % по массе:								
С	37,5	52,2	60,0	60,0	64,8	64,8	64,8	64,8
Н	12,6	13,1	13,4	13,4	13,6	13,6	13,6	13,6
О	49,9	34,7	26,6	26,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Растворимость в воде при 20°C, г/100 г воды	Не ограничена	Не ограничена	Хорошая	Хорошая	10,0	12,5	Не ограничена	11,1
ПДК рабочей зоны, мг/м ³	5	1000	10	980	10	150	300	150

Примечание. «–» – свойства не приведены; ПДК – предельно допустимая концентрация.



других пентанолов. Применяют как растворитель лакокрасочных материалов, в производстве порохов, пищевых эссенций. Пенообразователь при флотации. Раздражает кожу и слизистые оболочки, обладает наркотическим действием.

Трет-амиловый спирт (трет-пентанол, диметилэтилкарбинол) – $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{C}_2\text{H}_5$ (или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) – третичный спирт, бесцветная жидкость с характерным запахом. Применяют

как пенообразователь при флотации, в производстве лекарственных средств, растворитель лакокрасочных материалов. Обладает наркотическим действием. Некоторые физико-химические свойства этих пентанолов представлены в табл. 2 [3].

Известен также изоамиловый спирт (2-метил-1-бутанол) – $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) – первичный спирт, бесцветная жидкость со спиртовым запахом. Температура

плавления $t = -70,0^\circ\text{C}$, температура кипения $t = 128,7^\circ\text{C}$, температура вспышки $t = 42^\circ\text{C}$, плотность $\rho = 819,0 \text{ кг/м}^3$.

Известен также изоамиловый спирт (3-метил-1-бутанол, изобутилкарбинол) – $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$) – первичный спирт, бесцветная жидкость с острым неприятным запахом. Температура плавления $t = -117,2^\circ\text{C}$, температура кипения $t = 131,9^\circ\text{C}$, температура вспышки $t = 43^\circ\text{C}$, температура самовоспламенения $t = 340^\circ\text{C}$,

Таблица 2

Физико-химические свойства пентанолов и гексанолов

Показатели	Спирты							
	Н-пентанол	2-пентанол	3-пентанол	Трет-пентанол	Н-гексанол	2-гексанол	3-гексанол	Изогексанол
Формула состава	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$
Молекулярная масса	88,15	88,15	88,15	88,15	102,18	102,18	102,18	102,18
Плотность при 20°C, кг/м³	815,1	809,3	820,3	809,0	815,5	806,3	816,4	833,3
Вязкость кинематическая при 20°C, мм²/с	4,18	–	4,56	–	5,5	–	–	–
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	25,2	–	23,9	–	24,0	–	–	–
Цетановое число	30	–	20	–	–	–	–	–
ОЧ по моторному методу	77	–	–	–	–	–	–	–
ОЧ по исследовательскому методу	–	–	–	–	–	–	–	–
Температура плавления, °C	-78,8	–	-75,0	-11,9	-51,6	-103,0	–	-15,0
Температура кипения, °C	137,8	119,9	116,1	101,8	157,8	131,8	124,0	146,3
Критическая температура, °C	315,0	–	–	–	–	–	–	–
Критическое давление, МПа	4,05	–	–	–	–	–	–	–
Температура вспышки, °C	51,0	36,0	34,0	19,0	–	–	–	–
Температура самовоспламенения, °C	300	330	343	–	–	–	–	–
Концентрационные пределы воспламенения, %	1,2–10,0	1,5–9,9	–	–	–	–	–	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	34700	–	–	–	36000	–	–	–
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	11,77	11,77	11,77	11,77	12,18	12,18	12,18	12,18
Теплота испарения, кДж/кг	502,0	–	–	–	578	–	–	–
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20°C, кПа	0,7	0,8	–	–	0,2	0,4	0,9	–
Теплоемкость C_p при 0,1 МПа и 20°C, кДж/(кг·град)	–	–	–	–	1,43	–	–	–
Содержание, % по массе:								
С	68,1	68,1	68,1	68,1	70,5	70,5	70,5	70,5
Н	13,7	13,7	13,7	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
О	18,2	18,2	18,2	18,2	15,7	15,7	15,7	15,7
Растворимость в воде при 20°C, г/100 г воды	2,5	5,0	5,5	–	0,7	–	–	–
ПДК рабочей зоны, мг/м³	10	10	10	–	–	–	–	–

Примечание. «—» – свойства не приведены.



плотность $\rho=809,2 \text{ кг/м}^3$. Известно еще четыре изомера n-пентанола.

Нормальный гексильный спирт (н-гексанол, 1-гексанол) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$) – бесцветная жидкость со слабым спиртовым запахом. Хорошо растворим в органических растворителях, мало растворим в воде. Содержится в сивушном масле. Синтезируют адольной конденсацией масляного альдегида и ацетальдегида с последующим гидрированием обра-

зовавшегося непредельного альдегида. Используется при производстве лаков и красок, фармацевтических препаратов и моющих средств, в промышленности душистых веществ, растворитель синтетических смол.

Вторичный гексильный спирт (2-гексанол, 2-метил-2-пентанол) – $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ (или $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$) – бесцветная жидкость со слабым запахом, хорошо растворимая в спиртах и эфирах, плохо растворима в

воде. Содержится в сивушном масле. Используется в производстве лаков, красок и душистых веществ, растворитель синтетических смол.

Изогексильный спирт (3-гексанол, этилпропилкетон) – $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}(\text{OH})\text{C}_3\text{H}_7$ (или $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$) – бесцветная жидкость со слабым спиртовым запахом.

Изогексильный спирт (изогексанол, 2-этил-1-бутанол) – $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{CHCH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$) – первичный спирт, бесцветная жидкость со слабым

Таблица 3

Физико-химические свойства гептанолов, октанолов, деканола

Показатели	Топлива							
	Н-гептанол	2-гептанол	3-гептанол	4-гептанол	Н-октанол	2-октанол	Изо-октанол	Н-деканол
Формула состава	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$	$\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$	–	$\text{C}_{10}\text{H}_{21}\text{OH}$
Молекулярная масса	116,20	116,20	116,20	116,20	130,23	130,23	–	158,29
Плотность при 20°C, кг/м ³	822,5	819,0	821,0	817,4	824,6	818,8	831,5	829,7
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	8,0	–	–	–	8,8	10,0	–	–
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	–	–	–	–	25,6	–	–	–
Цетановое число	40	–	–	–	–	–	–	–
Температура плавления, °C	–34,4	–	–70,0	–32,6	–16,3	–31,6	–	+7,0
Температура кипения, °C	176,5	160,4	156,2	144,0	195,2	179,0	185–190	231,0
Критическая температура, °C	365,3	–	–	–	385,5	–	–	–
Критическое давление, МПа	2,98	–	–	–	2,68	–	–	–
Температура вспышки, °C	74,0	63,0	60,0	48,9	64,0	74,0	–	82,0
Температура самовоспламенения, °C	255,0	286,0	–	–	178,0	–	185,0	288,0
Концентрационные пределы воспламенения, %	0,9–7,0	–	–	–	–	–	–	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	36800	–	–	–	37500	–	–	41500
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	12,49	12,49	12,49	12,49	12,74	12,74	12,74	13,10
Теплота испарения, кДж/кг	578	–	–	–	–	–	–	–
Давление насыщенных паров (0,1 МПа и 20°C), кПа	0,2	–	–	–	–	–	–	0,0032
Теплоемкость C_p при 0,1 МПа и 20°C, кДж/(кг·град)	1,43	–	–	–	–	–	–	1,43
Содержание, % по массе:								
С	72,3	72,3	72,3	72,3	73,8	73,8	73,8	75,9
Н	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	14,0
О	13,8	13,8	13,8	13,8	12,3	12,3	12,3	10,1
Растворимость в воде при 20°C, г/100 г воды	0,1	0,35%	–	–	0,05	–	–	–
ПДК рабочей зоны, мг/м ³	10	–	–	–	10	–	–	–

Примечание. «–» – свойства не приведены.

запахом. Некоторые физико-химические свойства этих гексанолов представлены в табл. 2 [3]. Известно еще 13 изомерных форм гексилового спирта.

Нормальный гептиловый спирт (1-гептанол, н-гептанол, энантовый спирт) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$) – бесцветная жидкость с фруктово-цветочным запахом, растворимая в органических растворителях. Содержится в сивушном масле. Получают каталитическим гидрированием гептилового альдегида или эфиров н-гептановой (энантовой) кислоты. Другой способ получения – гидрокарбонилирование α -олефинов. Образуется наряду с другими спиртами при каталитическом восстановлении монооксида СО и диоксида CO_2 углерода водородом. Образуется сложные эфиры. Применяется для получения пластификаторов, как растворитель смол, как поверхностно-активное вещество. Раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз. Обладает наркотическим действием.

Вторичный гептиловый спирт (2-гептанол, метил-н-амилкарбинол, 1-метил-1-гексанол) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ (или $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$) – бесцветная жидкость с характерным запахом, растворимая в органических растворителях. Получают окислением парафиновых углеводородов в присутствии кислотных катализаторов с последующим гидролизом и дистилляцией продуктов. Применяют для производства поверхностно-активных веществ. Растворитель полимеров, флотореагент.

Изогептиловый спирт (3-гептанол, этил-н-бутилкарбинол) – $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH}(\text{OH})\text{C}_4\text{H}_9$ (или $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$) – вторичный спирт, бесцветная жидкость, растворимая в спиртах и эфирах. Получают окислением н-гептана в присутствии кислотных катализаторов. Поверхностно-активное вещество, Растворитель лакокрасочных материалов.

Изогептиловый спирт (4-гептанол, ди-н-пропилкетон) – $\text{C}_3\text{H}_7\text{CH}(\text{OH})\text{C}_3\text{H}_7$ (или $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{OH}$) – вторичный спирт, бесцветная жидкость с характерным запахом, не растворимая в воде. Его получают как побочный продукт при

масляно-кислом брожении древесной целлюлозы в присутствии извести или термическим разложением солей кальция масляной кислоты. Растворитель нитратов, целлюлозы, масел, природных и синтетических смол, компонент пищевых эссенций (при сильном разбавлении – запах ананаса и земляники). Некоторые физико-химические свойства этих гептанолов представлены в табл. 3 [3]. Известны и другие изомеры гептилового спирта.

Нормальный октиловый спирт (н-октанол, 1-октанол, 1-оксиоктан) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$) – бесцветная маслянистая жидкость с характерным ароматным запахом, хорошо растворима в этаноле, эфирах, хлороформе, плохо – в воде. Получают каталитическим гидрированием каприлового альдегида, каприловой кислоты или ее эфиров. Другой способ получения н-октанола заключается в гидрировании октиловых эфиров жирных кислот, содержащихся в кокосовом масле. Используется при производстве синтетических моющих и косметических средств. Применяется как растворитель, компонент консистентных смазок, гидравлических и тормозных жидкостей, регуляторов вязкости жидких эпоксидных смол. Вязкостная и депрессорная присадка к моторным топливам и маслам. Токсичен, раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, в меньшей степени – кожу.

Вторичный октиловый спирт (второктанол, 2-октанол, метил-н-гексилкарбинол, каприловый спирт) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ (или $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$) – бесцветная маслянистая жидкость с характерным запахом. Растворим в органических растворителях, практически нерастворим в воде. Получают синтетическим путем (гидрированием гексилметилкетона) или выделяют из природного сырья. Применяют в производстве пластификаторов, масел для гидравлических систем, антивспенивающих присадок к смазочным маслам. Компонент консистентных смазок и тормозных жидкостей, растворитель. Некоторые физико-хими-

ческие свойства этих октанолов представлены в табл. 3 [3].

Известно еще несколько изомеров октанола. Наиболее характерны следующие. 2-Этил-1-гексанол (2-этилгексиловый спирт) – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$) – жидкость со спиртовым запахом. Температура плавления $t=-76^\circ\text{C}$, температура кипения $t=183,5^\circ\text{C}$, температура вспышки $t=73^\circ\text{C}$, плотность $\rho=834,0 \text{ кг/м}^3$.

3,5-Диметил-1-гексанол – $\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$) – жидкость с характерным запахом. Температура кипения $t=182,5^\circ\text{C}$, плотность $\rho=828,2 \text{ кг/м}^3$.

2,2,4-Триметил-1-пентанол – $\text{CH}_3\text{C}(\text{H})(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$) – жидкость, растворимая в органических растворителях. Температура плавления $t = -70^\circ\text{C}$, температура кипения $t=168^\circ\text{C}$, температура самовоспламенения $t=180^\circ\text{C}$, плотность $\rho=837,5 \text{ кг/м}^3$.

В качестве топлива может применяться изооктанол – смесь нескольких октиловых спиртов (основные из которых – 3,4-, 3,5-, 4,5-диметилгексанолы в количестве 20, 30 и 30% соответственно). Изооктанол выделяют из продуктов оксосинтеза гептеновой фракции, образующейся при сополимеризации пропилена с бутиленом.

Н-деканол (дециловый спирт, 1-деканол) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_{10}\text{H}_{21}\text{OH}$) – бесцветная жидкость с приятным запахом (запах розы и апельсина). Растворим в спиртах, нерастворим в воде. Содержится в некоторых эфирных маслах. Получают выделением из смеси (C_{10} - C_{12}) синтетических жирных спиртов, а также каталитическим гидрированием эфиров каприновой кислоты или дециленового альдегида, содержащегося в эфирном масле, выделенном из зеленых частей и цветов кориандра. Применяется как душистое вещество в парфюмерии и пищевой промышленности, для получения моющих средств. Некоторые физико-химические свойства н-декана представлены в табл. 3 [3].

Известны и другие предельные спирты.

Этилбутиловый спирт (2-этилбутанол, псевдогексильовый спирт) – $C_2H_5CH(C_2H_5)CH_2OH$ (или $C_6H_{13}OH$) – жидкость, плохо растворимая в воде (0,43% при 20°C) и растворимая в большинстве органических растворителей. Температура плавления $t = -114^\circ C$, температура кипения $t = 148,9^\circ C$, температура вспышки $t = 53^\circ C$, плотность $\rho = 833,4 \text{ кг/м}^3$.

Метиламиловый спирт (метилизобутилкарбинол, 4-метил-2-пентанол) – $(CH_3)_2CHCH_2CH(CH_3)OH$ (или $C_6H_{13}OH$) – жидкость, плохо растворимая в воде (1,7 % при 20°C) и растворимая в большинстве органических растворителей. Температура плавления $t = -90^\circ C$, температура кипения $t = 131,8^\circ C$, температура вспышки $t = 46^\circ C$, плотность $\rho = 806,4 \text{ кг/м}^3$, ПДК=25 мг/м³.

Представленные спирты относятся к группе насыщенных спиртов. Известны и ненасыщенные спирты. Простейшим устойчивым представителем ненасыщенных спиртов является аллиловый спирт $CH_2=CHCH_2OH$ (или C_3H_5OH) – бесцветная жидкость с острым запахом, смешивающаяся с водой и органическими растворителями. Температура плавления $t = -129^\circ C$, температура кипения $t = 96,9^\circ C$, температура самовоспламенения $t = 235^\circ C$, плотность $\rho = 852 \text{ кг/м}^3$. Раздражает кожу и слизистые оболочки дыхательных путей и глаз.

Бензиловый спирт (фенилкарбинол) – $C_6H_5CH_2OH$ (или C_7H_7OH) – ненасыщенный спирт, содержащий в молекуле кольцевую бензольную структуру. Душистая жидкость, плохо растворимая в воде, растворимая в спиртах. Содержится во многих эфирных маслах и природных бальзамах. Растворитель сложных эфиров целлюлозы, казеина, восков. Температура плавления $t = -15,3^\circ C$, температура кипения $t = 205,8^\circ C$, плотность $\rho = 1047 \text{ кг/м}^3$.

В качестве топлива для дизелей могут быть использованы двухатомные, трехатомные и многоатомные спирты. Характерными двухатомными спиртами являются гликоли (диолы) – соединения жирного ряда, содер-

жащие две спиртовые группы OH. К ним относится этиленгликоль (гликоль, 1,2-диоксиэтан, 1,2-этандиол) – $HOCH_2CH_2OH$ (или $C_2H_6O_2$) – жидкость, смешивающаяся с водой, спиртами, ацетоном, глицерином, уксусной кислотой. Получают гидратацией оксида этилена.

Применяется в производстве целлофана, полиуретанов, ряда других веществ. Входит в состав антифризов, гидравлических, тормозных и закалочных жидкостей. Температура плавления $t = -12,3^\circ C$, температура кипения $t = 197,6^\circ C$, температура вспышки $t = 120^\circ C$, температура самовоспламенения $t = 380^\circ C$, плотность $\rho = 1114 \text{ кг/м}^3$.

К группе гликолей относятся диэтиленгликоль, дипропиленгликоль, триэтиленгликоль, трипропиленгликоль, ряд других спиртов, которые наряду с признаками спиртов (наличие спиртовых групп OH) имеют и признаки эфиров (радикалы, соединенные атомом кислорода).

Диэтиленгликоль (дигликоль, диоксидиэтиловый эфир) – $HOCH_2CH_2OCH_2CH_2OH$ или $[HOCH_2CH_2]_2O$ (или $C_4H_{10}O_3$) – получают при конденсации этиленгликоля с оксидом этилена. Густая бесцветная жидкость. Температура плавления $t = -7,8^\circ C$, температура кипения $t = 245,8^\circ C$, температура вспышки $t = 135^\circ C$, плотность $\rho = 1116 \text{ кг/м}^3$. Компонент антифризов, гидравлических, тормозных и смазочных жидкостей.

Дипропиленгликоль – $[HOCH_2CH(CH_3)]_2O$ (или $C_6H_{14}O_3$) – жидкость, получаемая при конденсации этиленгликоля с оксидом пропилена. Температура плавления $t = -50^\circ C$, температура кипения $t = 232^\circ C$, температура вспышки $t = 138^\circ C$, плотность $\rho = 1023 \text{ кг/м}^3$.

Триэтиленгликоль – $HOCH_2CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_2OH$ (или $C_6H_{14}O_4$) – жидкость, получаемая при конденсации этиленгликоля с оксидом этилена. Температура плавления $t = -4,3^\circ C$, температура кипения $t = 285^\circ C$, температура вспышки $t = 165^\circ C$, плотность $\rho = 1124 \text{ кг/м}^3$.

Трипропиленгликоль – $HOCH_2CH(CH_3)OCH_2CH(CH_3)OCH_2CH(CH_3)OH$ (или $C_9H_{20}O_4$) – жидкость, получаемая при конденсации этиленгликоля с оксидом пропилена.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что метанол и этанол по своим физико-химическим свойствам близки к бензинам. В частности, они имеют повышенную испаряемость, сравнительно невысокие плотность и вязкость, приемлемые для двигателей с принудительным воспламенением октановые числа (91-92 единицы по моторному методу) [2].

Положительным свойством спиртов является наличие в их молекулах атомов кислорода. Поэтому спирты используются в качестве оксигенатов (кислородсодержащих компонентов), повышающих детонационную стойкость бензинов и способствующих снижению выбросов сажи и монооксида углерода как в бензиновых двигателях, так и в дизелях.

Литература

1. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – С. 311.
2. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В. и др.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – С. 464.
3. **Арчаков Ю.А., Вагина Л.К., Васильев А.И. и др. Под ред. С.К. Огородникова.** Справочник нефтехимика. В двух томах. Том 1. – Л.: Химия, 1978. – С. 496.
4. **Popuri S.S.S., Bata R.M.** A Performance Study of Iso-Butanol-, Methanol- and Ethanol-Gasoline Blends Using a Single Cylinder Engine. – SAE Technical Paper Series. – 1993. – № 932953. – P. 41-60.

Окончание в следующем номере.

ДЕСЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ БИЗНЕС-ФОРУМ И ВЫСТАВКА
THE 10th INTERNATIONAL BUSINESS-FORUM AND EXHIBITION

МИР СЖИЖЕННЫХ И СЖАТЫХ ГАЗОВ '2010

WORLD of LIQUEFIED and COMPRESSED GASES '2010

LPG, CNG, LNG, technical gases



КИЕВ ЭКСПО ПЛАЗА

И Ю Н Я
16-18
JUNE

Организаторы:

Киевская городская госадминистрация;
Министерство топлива и энергетики Украины;
Министерство транспорта Украины;
Украинская ассоциация производителей
технических газов УА-СИГМА;
Газовая Ассоциация Украины;
Предприятие "МЭДВИН".

УКРАИНА, КИЕВ
ул. САЛЮТНАЯ, 2Б
СТ. М. "НИВКИ"

- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПГ, СУГ, СПГ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ: газобаллонное и газозаправочное оборудование, переоборудование автомобилей на газ;
- СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ СЖИЖЕННЫХ И СЖАТЫХ ГАЗОВ;
- СИСТЕМЫ ГАЗИФИКАЦИИ;
- КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ;
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОСУШКИ И ОЧИСТКИ ГАЗОВ;
- КРИОГЕННЫЕ И ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ;
- ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА;
- КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ И МНОГОЦЕЛЕВЫЕ УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ.

ГАЗОВА АСОЦІАЦІЯ УКРАЇНИ



АГЗК
АТ

Генеральный спонсор:
ИВЧЕНКО
ПРОГРЕСС

ІНФОРМАЦІЙНІ ПАРТНЕРИ:

НЕФТЯНЕ ОБОРУДОВАННЯ
ТЕРМИНАЛ
життєва ділова якість

Современная АЗС

OilMARKET

Журнал
ЕКОНОМІКА
АЗС
1489-0366

ТРАНСПОРТ
НА АЛЬТЕРНАТИВНОМУ ТОПЛИВІ

Газ & Нафта
Енергетичний бюлетень

НЕФТЕРЫНОК
професійні експертизи

Czas Na Gaz!

НЕФТЬ И ГАЗ

ВЫСТАВКИ
МЭДВИН

Героев Сталинграда пр-т, 12-Е, оф. "МЭДВИН", г.Киев-210, 04210

Т./ф.: (044) 501-03-42, 501-03-44, 501-03-66, моб. (050) 358-75-92

E-mail: mail@medvin.kiev.ua; www.medvin.kiev.ua

Мировые стандарты в обслуживании топливных карт безналичной оплаты: архитектура ТК

А.Н. Иванов,

генеральный директор ООО «ФЛИТ КАРДС», Группа компаний «СИТИНЕТ»

World Standard in Fuel Cards Cashless Services: Open Systems Architecture

A.N. Ivanov

В отличие от рассмотренной в прошлой статье «оффлайновой» архитектуры, в которой PoS-терминал, установленный на АГНКС, АГЗС или АЗС, принимает решение об отпуске топлива по топливной карте (ТК) на основании данных карты и собственных данных PoS-терминала, в «онлайновой» архитектуре все решения принимаются единым процессинговым центром (ПЦ), который, получив от терминала данные о карте, ПИН-коде, типе и объеме топлива, принимает решение на основании централизованной информации, хранящейся в базе данных ПЦ, в отношении запрошенной операции. При этом в каждый момент времени ПЦ обладает 100%-ной информацией обо всех произведенных операциях в заправочной сети, о состоянии всех карт и состоянии топливных счетов всех контрагентов, ис-

пользующих карты для заправки своих автотранспортных средств.

Алгоритм работы системы ТК в случае «онлайновой» архитектуры достаточно прост (см. рисунок ниже): после ввода топливной карты в PoS-терминал, затем ввода держателем карты защитного ПИН-кода, указания оператором типа топлива и его количества PoS-терминал направляет запрос в процессинговый центр оператора ТК, где проверяется, является ли данная карта допустимой к обслуживанию, каков лимит топлива, имеет ли необходимый объем топлива на своем топливном счету контрагент, выдавший карту своему водителю. В случае выполнения всех необходимых условий ПЦ посылает терминалу разрешение на отпуск топлива и уменьшает соответствующие лимиты и топливный счет на авторизованное количество

топлива. Очевидно, что в данном случае нет необходимости рассылать «стоп-листы», пополнения карт и проводить «электронную инкассацию» – все операции отражаются в ПЦ в режиме реального времени. Если произошла блокировка контрагента, работающего в кредит (например, получена информация о банкротстве контрагента), менеджер ТК продавца ставит отметку в ПЦ о том, что данный контрагент заблокирован. Это приведет к тому, что любой будущий запрос на отпуск топлива по ТК данного контрагента будет отклонен.

С другой стороны, покупатели топлива (контрагенты), имея «живой» доступ к данным своих карт, например через Web-интерфейс, могут также оперативно управлять картами своих водителей.

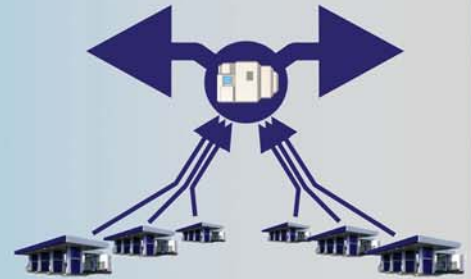
К недостатку «онлайновой» архитектуры можно отнести необходимость поддержания качественной связи между PoS-терминалом и процессинговым центром в течение всего времени работы станции (как правило, 24 ч в сутки). Однако стоит отметить, что если 10 лет назад в масштабах России этот недостаток был принципиальным, то в настоящее время существуют доступные решения, которые обеспечивают высокую надежность связи (98% успешных запросов без повтора) и скорость связи (не более 2 с на авторизацию) при весьма доступной цене на ее поддержание – как правило, используются недорогие дублированные GPRS каналы от операторов сотовой связи.

К наиболее важным плюсам «онлайновой» архитектуры можно отнести следующее: продавец топлива может оперативно контролировать остаток топлива покупателей, быстро блокировать карты контрагентов; покупатель же может оперативно управлять лимитами карт, пополнять или блокировать их; в случае сбоя данных PoS-терминала или выхода его из строя (что в «полевых условиях» бывает в результате скачков напряжения и т.п.) – ПЦ в любом случае владеет информацией обо всех операциях, достаточной для обеспечения расчетов без анализа электронных слипов SKU (АСУ) или инкассированных бумажных квитанций.

К принципиальным для крупных топливных розничных сетей достоинствам «онлайновой» архитектуры ТК также относится тот факт, что с ростом масштаба инфраструктуры ТК – ростом сети, количества карт в обращении, числа контрагентов-покупателей и потребности в максимальной оперативности со стороны корпоративных клиентов – качество обслуживания клиентов по ТК не изменяется.



МИРОВЫЕ СТАНДАРТЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ КАРТ В СЕТЯХ АГНКС, АГЗС, АЗС !!!



ТОПЛИВНЫЕ КАРТЫ И УДАЛЁННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАРТАМИ ОНЛАЙН
ПРОГРАММЫ ЛОЯЛЬНОСТИ ОНЛАЙН (СКИДКИ, БОНУСЫ, ЛОТЕРЕИ)
ПРИЁМ МЕЖДУНАРОДНЫХ БАНКОВСКИХ ПЛАСТИКОВЫХ КАРТ

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ВАРИАНТ ОСНАЩЕНИЯ

**Скорость (1,8 сек)
и безопасность
обслуживания
клиентов**

Антенна GSM/GPRS
(стационарное крепление
на крыше АГНКС, АГЗС, АЗС)

**Монтаж
“под-ключ”**

Транзакционный маршрутизатор
CITYNET Micro SV.3 с технологией
2xGPRS (стационарное
размещение)

Ethernet/UDP или RS 485/232
подключение АСУ и терминала к
маршрутизатору

АСУ (АГНКС, АГЗС),
АСУ ТРК (АЗС)

Терминал (смарт пинпад)
Verifone Smart 5000

**Автоматизированное
взаимодействие
систем, отсутствие
“двойного ввода”**

**Обучение
персонала**

ООО ФЛИТ КАРДС

123060, Россия,
г. Москва, Ул. Берзарина, д.36, стр. 11
Тел.: +7(985) 970 59 74, +7(495) 380 07 97
info@fleetcards.ru



Это модное слово «Ребрендинг»



Ребрендинг (англ. *rebranding*) – комплекс мероприятий по изменению бренда либо его составляющих: названия, логотипа, визуального оформления бренда с изменением позиционирования, изменение целостной идеологии бренда. Удачный ребрендинг позволяет компании выйти на новый уровень развития, привлечь внимание новых клиентов и увеличить лояльность существующих.

«Википедия»



История ребрендинга в России началась с представителей крупного розничного бизнеса. Если в мире пик ребрендинга пришелся на 2000-2001 гг., то в России этот процесс в массовых масштабах начался на несколько лет позднее.

После удачных компаний сотовых операторов, перевозчиков и предприятий банковского сектора в процесс активно включились предприятия нефтегазового сектора.

Первый опыт полномасштабного ребрендинга в области нефтегазового сектора в России связан с известными именами нефтяных компаний «ЛУКОЙЛ» и «ТНК-ВР». Начиная с 2005-2006 гг. эти компании планомерно изменяли дизайн своих станций, стремясь сделать его более современным и позитивным в глазах потребителей. По данным компании «ТНК-ВР», в 2007 г. объем реализации продукта на обновленных автогазозаправочных станциях (АЗС)

увеличился на 23%, а на АЗС компании «ЛУКОЙЛ» – до 30%.

С середины 2007 г. в процесс ребрендинга включилась компания «Роснефть», приступившая к модернизации розничной сети запра-

вочных станций, приобретенной у «ЮКОСа».

В этом году «локомотивом» ребрендинга АЗС стала компания «Газпромнефть», реализующая масштабный проект, рассчитанный на несколько лет.

От крупных нефтяных компаний не отстают и независимые сети, принадлежащие более мелким частным компаниям и фирмам. Активно внедряется проект по объединению частных сетей АЗС в Москве и Московской области под единым брендом «White Point», проводится ребрендинг частных сетей в регионах России.

Для чего же все-таки проводится ребрендинг? И насколько оправданно это затратное мероприятие?

По оценкам экспертов автозаправочные станции в среднем служат 5-7 лет, а затем требуется их переоборудование. Фирменный стиль АЗС и АГЗС компаний рекомендуется также обновлять через этот временной период. Цикличность этих процессов совпадает. Результатом грамотно проведенного ребрендинга (смены фирменного стиля) является увеличение объемов продаж на объекте в среднем на 15-30%. Основными задачами, которые решаются путем проведения ребрендинга, являются усиление привлекательности бренда через рост лояльности потребителей, дифференциация бренда, усиление его уникальности, привлечение новых потребителей.

В нефтегазовом секторе ребрендинг зачастую используется как при модернизации розничных сетей, приобретенных в процессе слияний и поглощений, так и в процессе планового обновления сетей, оформления их в соответствии с



требованиями фирменного стиля компании (новое строительство).

Одним из конечных этапов процесса ребрендинга предприятий розничного нефтепродуктообеспечения является комплексное оформление (облицовка) АЗС, АГЗС. Одной из ведущих компаний, реализующих проекты в этой отрасли, является компания «Паритет-строй» (г. Пермь).

Ребрендинг каждой новой станции, оформление ее в фирменном стиле той или иной нефтяной компании – достаточно трудоемкий и сложный процесс.

В случаях, когда требуется оформление новой станции, строительство которой начиналось с нуля, завершающий процесс внешнего ребрендинга происходит быстрее, поскольку он опирается на проработанную проектную документацию.

Если требуется произвести ребрендинг уже существующих станций, проектная документация на которые зачастую отсутствует, требования к компании, которая выполняет подобные заказы, повышаются многократно. Компания должна иметь в своей структуре сильное конструкторское бюро, квалифицированный персонал, а также производство, адаптированное под выпуск серийной продукции и укомплектованное необходимым высококачественным оборудованием. Всеми этими характеристиками обладает компания «Паритет-Строй».

Реализация каждого проекта включает несколько этапов:

- замеры объекта специалистами конструкторского бюро компании;
- проектирование облицовочных панелей, включая модификацию (если необходимо) несущих конструкций и навеса, здания операторной, проектирование всей электрической части объекта применимо к облицовке;
- производство;
- монтаж станции собственными монтажными бригадами;
- гарантийное и постгарантийное обслуживание станций.

В соответствии с разработанной стратегией развития компании «Паритет-Строй» численность персонала компании к 2010 г. увеличится до 350 чел., а количество монтажных бригад достигнет 18. Производственные мощности компании уже сейчас позволяют производить до 20 комплектов АЗС или АГЗС и 35 ед. стел в месяц.

Качество производимой продукции и сроки реализации проектов неизменно



вызывают положительные отклики со стороны партнеров компании. Не случайно в портфеле заказов компании такие крупные бренды, как «ЛУКОЙЛ», «Роснефть», «Газпромнефть» и другие.

**«Паритет-Строй» –
Серийное качество.
Индивидуальный подход.
www.paritet-stroy.org**

КОМПЛЕКС УСЛУГ ПО ОФОРМЛЕНИЮ АЗС и АГЗС

- Проектирование
- Производство
- Монтаж
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание



г. Пермь, ул. Героев Хасана, 105, корп. 70
Тел: +7 (342) 249-44-26, 249-44-27
www.paritet-stroy.org

**Серийное качество
Индивидуальный подход**

Паритет
ГРУППА КОМПАНИЙ

Автоматизация технологических процессов и инновационные технологии на объектах, использующих СУГ

В.А. Колосов,
директор производства клапанов и узлов учета ОАО «Промприбор»,
А.А. Барабанов,
директор производства оборудования для СУГ ОАО «Промприбор»

В данной статье дается описание технологических процессов при операциях слива и налива сжиженных углеводородных газов (СУГ), особенности и основные преимущества использования электрозапорной арматуры, ее значимость для обеспечения безопасности. Кроме этого, дается описание инновационной технологии применения пластиковых трубопроводов для сжиженных газов на объектах, использующих СУГ.

Ключевые слова: электроуправляемые клапаны, технологические процессы перегрузки СУГ, пластиковые трубопроводы для СУГ, технологические трубопроводы автономного газоснабжения.

Automation of Technological processes and Innovative technologies at places used LPG

V.A. Kolosov, A.A. Barabanov

This article gives the description of technological processes at unloading and loading of liquefied hydrocarbon gases, peculiarities and basic advantages of electro controlled valves, their importance for safety. Besides it contains the description of innovative technology of plastic pipe application for liquefied gases at places used LPG.

Keywords: Electro controlled valves, technological processes of LPG transfer, plastic pipes for LPG, and technological pipelines of independent supply of gas.

Анализируя рынок нефтегазового оборудования за 2009 г. по результатам опросов и непосредственных контактов с проектными и эксплуатирующими организациями, мы определили перспективные пути развития оборудования для рынка СУГ.

Необходимо уделить пристальное внимание следующим задачам:

1. Обеспечению безопасности технологических процессов.

2. Созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами с высоким уровнем автоматизации и безопасности, исключающими человеческий фактор.

3. Всестороннему учету и уменьшению потерь продукта.

4. Защите экологии и уменьшению негативного влияния на окружающую среду.

Рассматривая пути совершенствования технологических процессов перегрузки и торговли СУГ, следует поделиться с остальными участниками рынка достижениями в области новых разработок и перспективных направлений, которые, по нашему мнению, через некоторое время будут являться нормой в нефтегазовом секторе.

Рынок сжиженных углеводородных газов в целом условно можно разделить на следующие группы:

1. Объекты переработки, хранения и отгрузки СУГ.
2. Коммерческая торговля СУГ (АГЗС, ГНС, ПНБ и т.п.).
3. Автономное газоснабжение.

Хотя рынок СУГ был нами разделен на условные группы, тем не менее, остаются и общие задачи, приоритетные для всех трех групп. На наш взгляд – это автоматизация и обеспечение безопасности при хранении и отгрузке СУГ.

Развитие двух рынков – оборудования для измерения, учета, хранения и перегрузки нефтепродуктов и оборудования для сжиженных углеводородных газов – происходит неравномерно. Объекты, предназначенные для приема, хранения и выдачи нефтепродуктов, оснащены системами автоматизации и безопасности почти на 100%. Совершенно очевидно, что не менее важно контролировать все этапы проводимых операций также при сливе и налив сжиженных газов, сводя тем самым к минимуму влияние человеческого фактора, начиная от присоединения к цистерне и заканчивая возвратом наливных устройств в гаражное положение при завершении операций по наливу (сливу) СУГ.

Операции слива или налива СУГ должны проводиться на режимах, исключающих гидравлические удары и чрезмерно высокую скорость движения продукта по трубопроводам.

Помимо контроля потока продукта, необходимо также следить за давлением и уровнем газа как в резервуарном парке, так и в цистерне. Кроме этого, при сливно-наливных операци-



Рис. 1. Клапаны прямого действия (Н.О., Н.З.) одно- и двухступенчатые с условным проходным отверстием от 4 до 60 мм

я необходимо контролировать целый ряд параметров, характерных для определенного вида технологического процесса, таких как плотность, объем, температура и т.п.

Анализируя состояние газонаполнительных станций (ГНС), построенных и пущенных в эксплуатацию в 80-90 гг. прошлого столетия, видно, что техническая организация произ-

водственного цикла осталась на том же уровне, что была заложена в год постройки, а в нестабильных экономических условиях реконструкция откладывалась или не планировалась вообще. Тем не менее, прогнозируя дальнейшее развитие рынка, мы продолжаем работать над совершенствованием автоматизированных систем управления, неотъемлемой частью которых являются электроприводная арматура и электроуправляемые клапаны (рис. 1).

Широкое применение электромагнитных клапанов обусловлено, прежде всего, удобством управления технологическими циклами. Независимо от того, автомобиль это, система водоснабжения или нефтеперерабатывающий завод, применение электроуправляемых клапанов сводит к минимуму участие человека в работе всей технологической системы.

Другая, более важная функция электроуправляемой арматуры – обеспечение безопасности, под которой понимается не только защита человека и окружающей среды от возможных аварийных ситуаций, но и предохранение оборудования от различных перегрузок.

Нашим предприятием изготовлен ряд электроуправляемых клапанов, которые нашли применение практически во всех отраслях промышленности (от пищевой до химической) и прошли проверку в максимально жестких климатических условиях от Афганистана до Крайнего Севера.

Рассмотрим часть технологического процесса перегрузки СУГ. Известно, что скорость потока сжиженных углеводородных газов вследствие их диэлектрических свойств не должна

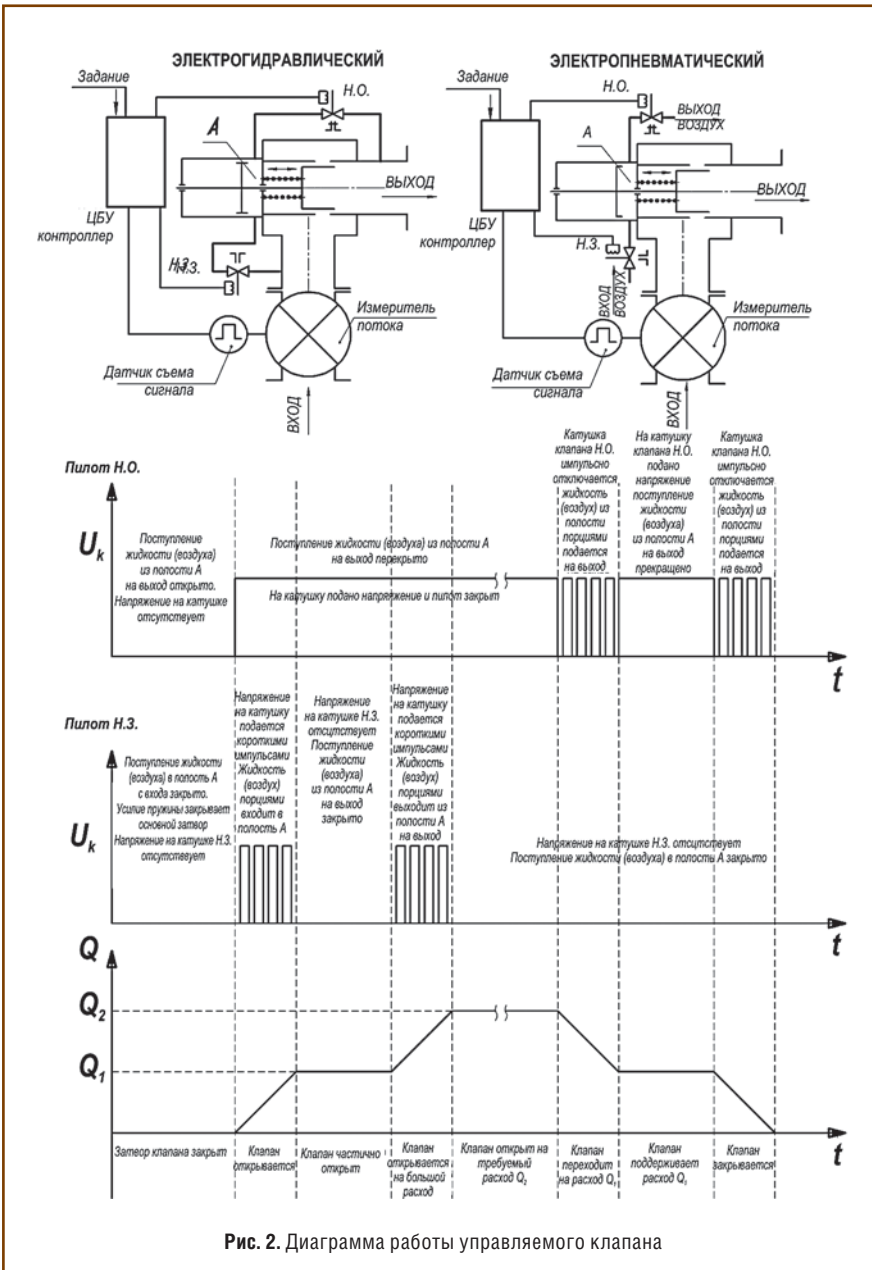




Рис. 3. Управляемый клапан высокой пропускной способности для плавного регулирования расхода

превышать 1,2 м/с. При наливе или сливе железнодорожных составов, при последовательном подключении цистерн, необходимо регулировать скорость (производительность) на-

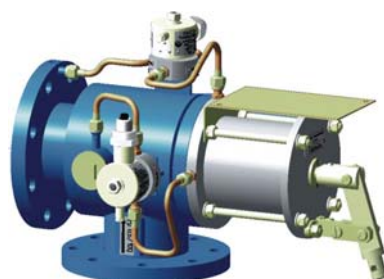


Рис. 4. Управляемый осесимметричный клапан с дублером ручного открытия для плавного регулирования расхода

лива (рис. 2). Для этих целей был разработан ряд управляемых клапанов, которые позволяют плавно регулировать расход на любом этапе технологического цикла и отсекал поток

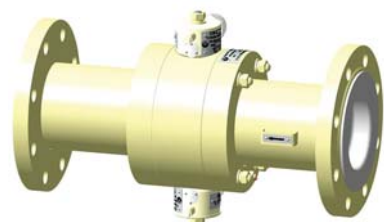


Рис. 5. Клапан двойного действия высокой производительности для ступенчатого регулирования расхода



Укрепленная многослойная труба

- Гладкий внутренний нейлоновый слой, применяемый для автомобиля под газ, и в паровой фазе, и в жидкой.
- Продольные и радиальные волокна Арами оплетки обеспечивают прочность и защищают от растяжения.
- Полипропиленовая обшивка предотвращает оплетку от трения.



Рис. 6. Монтаж термопластиковых трубопроводов на АГЗС

продукта без гидроударов (рис. 3-5). Данные клапаны можно без сомнения назвать интеллектуальными, так как система управления может одновременно контролировать количество, уровень, плотность, температуру СУГ, соответственно и работа клапана будет строиться в соответствии с оптимальными значениями этих величин.

Перспектива применения управляемых клапанов с плавной регулировкой расхода очень широка. Это могут быть уже рассмотренные системы погрузки и выгрузки железнодорожных и автомобильных цистерн, системы компаундирования газов (пропан-бутан), бензинов, дизельного топлива, смешения химических жидкостей, системы плавного регулирования потоков продукта на трубопроводах нефтеперерабатывающих, химических, пищевых предприятий и т.д.

Абсолютно новым направлением не только для нашего предприятия, но и для всего отечественного рынка является внедрение пластиковых

трубопроводов для СУГ. Применение прочных термопластиковых труб имеет ряд преимуществ в сравнении с традиционными металлическими трубопроводами. Стоит отметить их долговечность, быстрый и недорогой монтаж без привлечения узкопрофильных специалистов, отсутствие сварных стыков, чистота продукта вследствие отсутствия продуктов коррозии (рис. 6). Благодаря использованию специальных материалов уменьшается трение между продуктом и стенкой трубы, что заметно сказывается на увеличении расхода и снижении нагрузки на гидравлическую часть подключенного оборудования.

Применение пластиковых трубопроводов особенно актуально с финансовой точки зрения при строительстве АГЗС и прокладке технологических трубопроводов автономного газоснабжения. Как правило, это довольно большие суммарные расстояния, поэтому экономическая выгода здесь особенно ощутима.

Характеристики гибких неметаллических трубопроводов для газа

■ Трубы поставляются в бухтах длиной 100/300 м (другая длина бухты возможна по требованию).

■ Упаковка: картонный ящик 1,7 м x 1,7 м, высота 0,9 м (включая паллету).

■ Хранение: картонный ящик с бухтой трубы должен храниться внутри помещения.

Состав:

■ нейлоновый внутренний материал;

■ оплетка волокна Арамид; минимальный запас прочности в 1,5 раза превышает максимальное рабочее давление;

■ полипропиленовая внешняя обшивка;

■ рабочая температура: от -50°C до $+65^{\circ}\text{C}$;

■ температура при монтаже: минимальная -5°C (трубы должны быть подогреты в случае, если монтаж производится при более низкой температуре).

FAS
Flüssiggas-Anlagen
www.fas.su

насосные агрегаты FAS NZ

- Сниженное потребление электроэнергии
- Компактная и легкая конструкция
- Эффективная система вибро- и шумопоглощения
- Оптимальное соотношение цены и качества

600-4000 л/мин

РЕГО PRODUCTS
Арматура для сжиженного газа

Клапаны • Краны • Регуляторы давления • Дополнительные принадлежности

Оборудование для АГЗС и ГНС

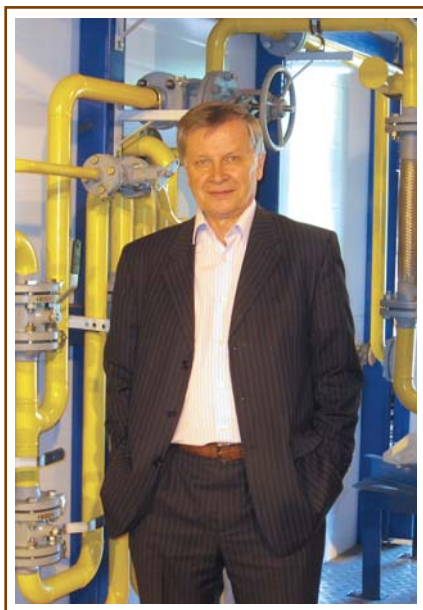
Подробную информацию об оборудовании для сжиженного газа узнайте по телефонам
(495) 647 0577 • (812) 335 4950 • (831) 456 4727 • (383) 201 1230

Ресурсосберегающие технологии компании «ВИП Газ Тех»: технологические установки модульного типа для проведения сливно-наливных операций с СУГ

В.Н. Титов,
генеральный директор ООО «ВИП Газ Тех»

New cost saving technologies of VIP Gas Tech Ltd.: Implementation of module type discharging units for LPGas loading/unloading operations

V.N. Titov,
General Director of VIP Gas Tech Ltd.



При проведении сливно-наливных операций с вагонами-цистернами и автоцистернами, перевозящими сжиженные углеводородные газы (СУГ), конечные потребители часто сталкиваются с технологическими потерями неслитого полностью продукта вследствие отсутствия на рынке подходящей эффективной технологии и оборудования, способных обеспе-

чить полный отбор (утилизацию) остатков сжиженных газов из емкостей.

ООО «ВИП Газ Тех» разработало и внедрило новые ресурсосберегающую технологию и оборудование, способные организовать эффективный процесс слива продукта без потерь.

Унифицированные технологические газовые модули типа УТМГ являются законченными технологическими установками блочно-контейнерного (модульного) типа, эксплуатируемые при температурах окружающего воздуха от -40 до $+45^{\circ}\text{C}$. Модули, оборудованные азотодобывающими установками (чистота азота 90-95%), могут использоваться для дегазации (нейтрализации) вагонов-цистерн или автоцистерн для подготовки к ремонту или техническому обслуживанию.

Основные направления деятельности нашей компании, созданной в 2008 г.:

1. Разработка, производство и внедрение новых технологий и оборудования в области транспорта, хранения, распределения, использования и реализации сжиженных углеводородных газов (СУГ) и легкого углево-

дородного сырья (ЛУС); проведение сливно-наливных операций, оказание сервисных услуг по проведению сливно-наливных операций со сжиженными газами в технологических проектах заводов-производителей сжиженного газа, на терминалах по приему и хранению СУГ, базах хранения СУГ, газонаполнительных станциях (ГНС), автогазозаправочных станциях (АГЗС).

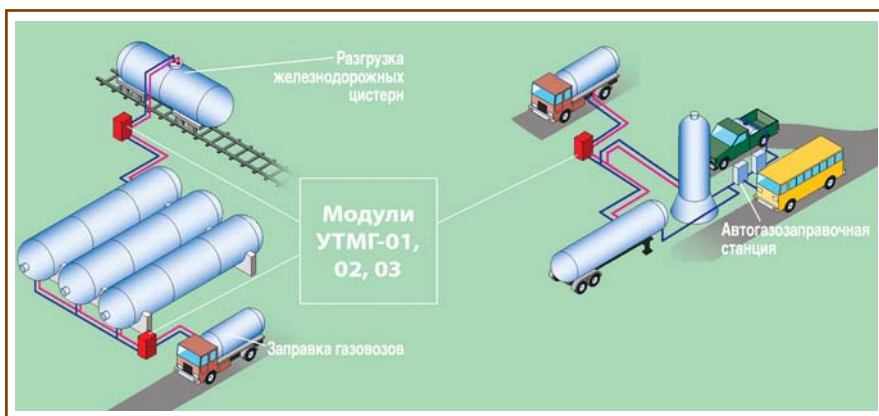
2. Разработка, производство и внедрение новых технологий и оборудования в проектах по дегазации (нейтрализации) котлов вагонов-цистерн для перевозки СУГ и ЛУС, сосудов, работающих под давлением, баллонов и танк-контейнеров для хранения и транспортировки сжиженных газов с целью подготовки к ремонту и техническому освидетельствованию.

3. Разработка и создание новых образцов насосно-компрессорного оборудования для перекачки СУГ и ЛУС в технологических проектах заводов-производителей сжиженного газа, для терминалов по приему и хранению сжиженных газов, баз сжиженного газа, ГНС и АГЗС, оказание сервисных услуг по проведению монтажных и пусконаладочных работ, поставкам запасных частей и проведению ремонта.

В период 2008-2009 гг. наша компания разработала и сертифицировала в органах государственного надзора новые технические устройства для объектов, использующих СУГ:

■ агрегат компрессорный марки ГВ 0,5/1,5-11С (мощность электропривода 15,0 кВт, дифференциальное давление 1,1 МПа, рабочее давление 1,7 МПа, производительность $30 \text{ м}^3/\text{ч}$), предназначенный для перекачки паров сжиженных газов (смесь паров СУГ) в технологических проектах АГЗС и ГНС малой мощности;

■ щит управления «Проток-3», предназначенный для управления работой и защиты газовых компрессоров, используемых для перекачки паров СУГ при работе в условиях открытых площадок под навесом с диапазоном температур окружающего воздуха от -40 до $+45^{\circ}\text{C}$;



подготовки последних к ремонту или техническому обслуживанию (освидетельствованию).

**Наши технологии:
новые возможности
при сливно-наливных
операциях с СУГ**

В настоящее время при проведении сливно-наливных операций с СУГ имеют место технологические безвозвратные потери товарных продуктов. Эти потери связаны с отсутствием на газомоторном рынке технологий и оборудования, способных производить полный отбор (утилизацию остатков) продукта из вагонов-цистерн. До настоящего времени отечественная промышленность не выпускала специальных газовых компрессоров для перекачки паров СУГ. Предприятия, оборудованные газовыми компрессорами импортного производства фирм «Blackmer», «Corken» (США), отечественными аммиачными компрессорами, снятыми

Таблица

Технические характеристики модулей серии УТМГ и сравнение их с характеристиками аналогов

Наименование параметров	Унифицированные технологические модули газовые типов УТМГ-01, УТМГ-02, УТМГ-03	Технологические установки, оборудованные аммиачными и газовыми компрессорами производства фирм США
Возможность полного отбора (утилизации) товарных продуктов из емкостей после слива	Имеется	Отсутствует
Возможность транспортировки автотранспортом	Имеется (автомобилем – 5,5 тн)	Отсутствует
Удельное энергопотребление, кВт/1 т сливаемого/отбираемого продукта	1,66-1,87	1,1-1,3
Объемная производительность, м³/ч	30,0/240,0/180,0	28-210
Дифференциальное давление, МПа	1,1/1,1/1,7	0,55-0,60
Значения остаточного давления газа в емкости после слива, МПа	0,05-0,07	0,15-0,7
Установленная мощность электропривода, кВт	15,0/55,0/55,0	7,5-32,0
Наличие системы продувки внутренних полостей компрессора (требование правил безопасности)	Имеется	Отсутствует
Наличие системы автоматики (АСКУЗ) контроля рабочих параметров (требования правил безопасности)	Имеется, щит управления	Отсутствует
Возможность использования в проектах ГНС, АГЗС	Имеется	Отсутствует
Требования к проекту установки	Необходим проект привязки модуля	Необходимо выполнить проекты систем автоматики, трубопроводов обвязки, установки ОЖ, вентиляции, газоанализаторов, вторичных приборов
Укрупненная экономическая оценка безвозвратных технологических потерь продукта при использовании, тыс. руб./ емкость (V=75 м³)	1,2-1,6	3,3-15,8

■ унифицированные технологические модули газовые УТМГ (типов УТМГ-01, УТМГ-02, УТМГ-03), являющиеся установками законченного технологического типа блочно-контейнерного (модульного) исполнения и способные выполнять сливно-наливные операции со сжиженными газами в проектах заводов-производителей сжиженного газа, на терминалах по приему и хранению сжиженных газов, базах сжиженного газа, ГНС, АГЗС с **полной** утилизацией (отбором) ос-

татков товарных продуктов из сливаемых емкостей.

Примечание. При укомплектовании технологических модулей стационарными или передвижными установками блочно-контейнерного исполнения по производству инертной среды (газообразного азота чистотой 90-95%) компаниям-заказчикам предоставляется возможность выполнять работы по дегазации (нейтрализации) стационарных или транспортных емкостей с целью

с производства в начале 80-х гг. прошлого века, не обеспечивают полный отбор (утилизацию остатков) паровой фазы продукта в процессе слива.

Учитывая несовершенство существующих технологий, а также большие технологические потери товарных продуктов при проведении сливно-наливных операций, компания «ВИП Газ Тех» сделала технический прорыв в этой области, разработав принципиально новую ресурсосберегающую технологию и оборудование, которые позволяют производить слив газа и полный отбор (утилизацию остатков) СУГ при проведении сливно-наливных операций.

Предлагаемые к внедрению **унифицированные технологические модули газовые (УТМГ-01, УТМГ-02, УТМГ-03)** являются установками с законченным технологичес-

ким циклом блочно-контейнерного исполнения и предназначены для проведения сливно-наливных операций в технологических проектах АГЗС, ГНС, БСГ, терминалов по приему и хранению газа, заводов-производителей сжиженного газа, а при оснащении модулей установкой по производству инертной среды (газообразного азота) – выполнять работы по подготовке вагонов-цистерн к деповскому и капитальному ремонту на ВРД, ВРЗ.

Разработанные модули УТМГ способны работать на открытых площадках при температуре окружающего воздуха от -40 до +45°C.

По требованию заказчиков данные модули могут быть снабжены одно- или двухпостовой эстакадой для присоединения коллекторов жидкой и паровой фаз продукта (см. таблицу).

Область применения модулей серии УТМГ и их преимущества

1. Проведение сливно-наливных операций с вагонами-цистернами, автогазовозами и стационарными емкостями.
2. **Полный отбор** (утилизация) остатков товарных продуктов после слива.
3. Законченный технологический цикл проведения сливно-наливных операций.
4. Возможность проведения дегазации (нейтрализации) вагонов-цистерн и емкостей перед ремонтом и технологическим освидетельствованием.
5. Ликвидация аварийных ситуаций с вагонами-цистернами и газовозами в пути следования.
6. Мобильность, возможность доставки грузовым автотранспортом.
7. Организация газоснабжения в районах с отсутствием инфраструктуры.



Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

Редакция доводит до сведения авторов требования, которые необходимо соблюдать при предоставлении статей для публикации.

Все статьи должны обязательно сопровождаться краткими аннотациями и ключевыми словами на русском, а также (по возможности) на английском языках. Материалы статей должны быть представлены на любом электронном носителе в программе WinWord с указанием имени файла и с приложением данного текста в распечатанном виде. Объем статьи – не более 8 стр. формата А4 по 1800 знаков с пробелами на каждой. Всего 14 400 знаков с пробелами.

Представленный текстовый материал с иллюстрациями и таблицами должен иметь сквозную нумерацию. В текстовом материале не должно быть рукописных вставок и вклеек. Статьи, напечатанные на пишущей машинке, не принимаются. Электронный вид статьи должен точно соответствовать материалам на бумажном носителе.

Графический материал должен быть выполнен в формате, обеспечивающем ясность всех деталей рисунков. Формулы и символы должны быть четкими и понятными. Все обозначения в формулах необходимо расшифровать. Нумеруются только те формулы, на которые сделаны ссылки в тексте. Обозначения физических величин и единиц измерений необходимо давать в Международной системе единиц (СИ). Обязательно соблюдение действующих ГОСТов. На электронном носителе текст и рисунки должны быть выполнены в программе Microsoft Word с обозна-

чением файлов шрифтов в формате tif, rtf, doc. Иллюстрации – в формате tif (300 dpi, CMYK), eps, jpg, jpeg, cdr. Отдельно необходимо представить список подрисовочных подписей. Не следует форматировать текст самостоятельно.

При пересылке материалов по e-mail следует сопровождать их пояснительной запиской (от кого, перечень файлов и т.д.). Объемные файлы должны быть заархивированы. При подготовке статей к печати необходимо руководствоваться документами, определяющими правила передачи информации через СМИ.

Статья должна содержать следующие сведения об авторе (авторах): ФИО полностью, должность, ученая степень (если есть), почтовый и электронный адреса, контактные телефоны (служебный, домашний). Авторский коллектив должен указать ответственное лицо, с которым редакция будет вести переговоры в процессе подготовки статьи к изданию. В список литературы включаются источники, на которые есть ссылки в статье. Ссылаться можно только на опубликованные работы. Список литературы составляется в порядке употребления. В нем приводятся следующие сведения: фамилия и инициалы авторов, название работы; для журнала – название, год издания, номер, страницы, на которых размещена статья; для книг – место и год издания, издательство, общее число страниц. Редакция оставляет за собой право редакторской правки и не несет ответственности за достоверность публикации. Все внесенные изменения и дополнения в представленную к изданию статью согласовываются с автором или представителем авторского коллектива.

Принятые для печати в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» материалы публикуются на безгонорарной основе.

Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах

З.Р. Кавтарадзе,
научный сотрудник НИИЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н.,
Р.З. Кавтарадзе,
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

В статье рассмотрены перспективы транспортных поршневых двигателей на традиционных и альтернативных топливах, а также перспективы альтернативных силовых установок. Даны краткие изложения проблем и перспектив, связанных с применением различных видов топлива в поршневых двигателях. На основе проведенного анализа прогнозируются пути развития транспортного двигателестроения.

Ключевые слова: поршневой двигатель, перспективы, альтернативные топлива, природный газ, водород.

Perspectives of the usage of piston engines on the alternative fuels

Z.R. Kavtaradze, R.Z. Kavtaradze

The perspectives of transport piston engines on traditional and alternative fuels, as well as the perspectives of alternative propulsion are considered. There are given summaries of problems and perspectives associated with the use of different types of fuels in reciprocating engines. On the basis of the analysis the development of the transport engine is predicted.

Keywords: piston engine, perspectives, alternative fuels, natural gas, hydrogen.

Проблемы, связанные с перспективами применения поршневых двигателей

Проблемы охраны окружающей среды и энергетического обеспечения транспорта являются одними из основных для современной цивилизации. Эти проблемы непосредственно связаны с поршневыми двигателями – основными потребителями природных топлив, играющими существенную роль в загрязнении атмосферы.

Благодаря гениальным изобретениям Н.А. Отто и Р.Дизеля поршневые двигатели с предварительным сжати-

ем и искровым зажиганием (1876 г.), а также с воспламенением от сжатия (1893 г.) горючей смеси быстро вытеснили паровые машины и захватили монополию в транспортной энергетике. Практически вся военная техника (наземная, водная и воздушная), участвовавшая как в первой, так и во второй мировых войнах, была оснащена поршневыми двигателями.

После второй мировой войны многие крупные специалисты утверждали, что поршневые двигатели из транспортной энергетике будут вытеснены более перспективными

газотурбинными двигателями так же, как в свое время ими были вытеснены паровые машины. Для такого прогноза были следующие основания: к этому времени газотурбинные двигатели прочно стали занимать место поршневых двигателей в авиации, и ожидалось, что эта тенденция будет распространяться на наземном и водном транспорте; появились и стали внедряться в качестве транспортных силовых агрегатов роторно-поршневые двигатели Ф.Ванкеля, не имеющие кривошипно-шатунного механизма и возвратно-поступательного движения поршня. Однако жизнь показала, что этим прогнозам не суждено было сбыться.

В настоящее время поршневые двигатели активно возвращаются в авиацию общего назначения (малую авиацию), а использование роторно-поршневых двигателей Ванкеля носит эпизодический характер. Более того, поршневые двигатели не имеют конкурентов как на наземном, так и на водном транспорте. Они занимают господствующее положение в автомобильной, сельскохозяйственной, военной, дорожно-строительной и другой технике. Только мировой автотранспорт на сегодня насчитывает около 900 млн. автомобилей с поршневыми двигателями, а каждый год мировая автомобильная индустрия выпускает примерно 45 млн. автомобилей, подавляющее большинство которых использует топливо нефтяного происхождения (бензин или дизельное топливо). Если еще учесть, что за год каждый из этих автомобилей употребляет в среднем более двух тонн нефтяного топлива, то становится понятной актуальность создания высокоэффективных поршневых двигателей на альтернативных топливах.

В 1970-е гг., когда наступил энергетический кризис, впервые стали обсуждать ограниченность запасов нефти и, естественно, перспективы поршневых двигателей – основных потребителей топлива нефтяного происхождения. По данным того периода эти запасы полностью должны были быть исчерпаны к концу прошлого века. Именно в 1970-х гг. практически впервые

серьезно зашла речь о поршневых двигателях, работающих на альтернативных топливах (спирт, водород и др.), а также об электромобилях, использующих в качестве источника энергии аккумуляторные батареи. Заметим, что к альтернативным топливам обычно относятся топлива, не являющиеся продуктами переработки нефти.

Однако с наступлением XXI в. существенно выросло количество поршневых двигателей, в них по-прежнему в основном используются бензин и дизельное топливо нефтяного происхождения. В целом потребление нефти достигло еще больших масштабов, а ее запасы пока еще не вызывают большую тревогу. Правда, сегодня называются другие сроки. Например, по данным [1], если исходить из нынешних темпов добычи и расхода, то запасов нефти природного происхождения хватит примерно на 40 лет, а запасов природного газа – приблизительно на 60 лет. Тем не менее, какими бы оптимистичными ни были прогнозы, повода для самоуспокоения нет. Разработка и внедрение новейших технологий разведки, открытие новых месторождений, развитие технологий добычи и переработки нефти отодвигают опасный рубеж. Но все равно ясно, что запасы нефти, потребление которой все время растет, не могут быть бесконечными. С другой стороны, нефть становится все более и более труднодобываемой, а используемые технологии более сложными и дорогими. Не исключено, что наступит момент, когда запасы нефти будут еще достаточными, но ее добыча будет прекращена из-за высокой себестоимости. Следовательно, реальная цена нефти (то есть цена, не связанная с политическими или рыночными тенденциями), неуклонно будет расти.

Очевидно, что назрело время, когда необходимо определиться со следующими вопросами:

1. Есть ли альтернатива поршневому двигателю или он сохранит свое монопольное положение в мировой энергетике?

2. Какие виды топлив можно считать перспективными на бли-

жайшее будущее и на долгосрочную перспективу?

3. Какие изменения потребуются в конструкциях поршневых двигателей для их адаптации к новым видам топлив?

Как отмечается в профессионально написанной работе [2], отвечая на подобные вопросы, следует, прежде всего, опираться на собственную компетентность, силу знаний и опыта, полученных в области теории поршневых двигателей, а также на прогнозы ведущих ученых из этой области.

Сохранит ли поршневой двигатель монопольное положение в мировой энергетике?

Чтобы ответить на такой вопрос, надо исходить из того, что поршневой двигатель является на сегодняшний день наиболее широко распространенным источником энергии, проникшим практически во все сферы человеческой деятельности. С его применением тесно связаны две глобальные проблемы современной цивилизации – энергетическая и экологическая. Вопрос о том, что есть ли в настоящее время альтернатива поршневому двигателю, способная полностью (или хотя бы частично) сократить его применение, следует также, кроме энергетического и экологического аспектов, рассматривать и в социальном аспекте [2]. Неуклонный рост мирового парка поршневых двигателей, их удельной мощности делает их основными потребителями природных топливных ресурсов. Очевидно, что с этой точки зрения создание и внедрение высокоэффективных двигателей (то есть двигателей с более высоким КПД или низким удельным расходом топлива, что одно и то же) не являются кардинальным решением глобальной энергетической проблемы.

С другой стороны, поршневые двигатели, как основные потребители природных топливных ресурсов, являются и основными нарушителями природного экологического равновесия нашей планеты. Они выбрасывают в атмосферу вредные вещества: оксид

углерода CO_2 , оксиды азота NO_x , несгоревшие углеводородные соединения CH и твердые частицы, основной компонент которых сажа. Даже двигатель с «нулевыми» вредными выбросами в окружающую среду, но работающий на традиционных (углеводородных) топливах, остается источником диоксида углерода, выброс которого в связи с парниковым эффектом, по всей видимости, в ближайшие годы будет также ограничен законодательством. Так что создание и внедрение поршневого двигателя «с нулевыми» вредными выбросами также не полностью решает экологическую проблему.

Эти проблемы усугубляются еще тем, что пути решения энергетических и экологических задач не только различаются, но и часто противоречат друг другу. Наглядным примером «конфликта целей» при решении этих задач является расширение температурных пределов цикла, что согласно циклу Карно приводит к повышению его КПД, то есть снижению удельного расхода топлива. В реальности это можно осуществить практически только за счет верхнего предела, то есть за счет увеличения максимальной температуры цикла, так как нижний предел (температура заряда при впуске) практически не может быть значительно изменен. Однако с ростом максимальной температуры цикла создаются благоприятные условия для образования оксидов азота, и их содержание в отработавших газах растет, то есть налицо явный «конфликт» между топливной экономичностью и экологичностью, между эффективностью и качеством цикла [3].

Существуют два очевидных пути одновременного решения экологических и энергетических проблем, связанных с поршневыми двигателями. Рассмотрим их на примерах автомобильного транспорта, оснащенного в настоящее время в основном поршневыми двигателями на углеводородном топливе, а также на примере современных мегаполисов, в которых экологические проблемы наиболее остро ощущаются. Такими путями являются:

1. Одновременное сокращение потребления топлива и количества токсичных выбросов путем снижения числа поездок, то есть путем сокращения числа двигателей, находящихся в эксплуатации, или путем снижения литража двигателя и применения маломощных двигателей (малогабаритных автомобилей).

2. Замена поршневого двигателя альтернативным источником энергии, не использующим нефтепродукты и не загрязняющим окружающую среду.

Рассмотрим эти возможности подробнее.

Сокращение поездок, числа эксплуатируемых двигателей и применение малолитражных двигателей.

Этот путь непосредственно затрагивает социальный аспект. В США, согласно статистике, ежедневные поездки на работу и с работы составляют примерно 40%, поездки с развлекательной целью – около 30%, поездки по семейным делам (в основном за покупками) – 20% от общего пробега автомобиля [2]. Следовательно, если отказаться от «необязательных» поездок и ездить на автомобиле только на работу, можно практически вдвое сократить пробег автомобилей. Если сократить поездки на работу и обратно за счет использования более экономичного общественного транспорта, сокращения потребления топлива и выбросов токсичных веществ будут еще более существенными. Сокращение литража двигателя автомобиля приведет к пропорциональному снижению расхода топлива и выбросов вредных веществ.

Однако сокращения поездок и литража двигателей можно добиться только запретными методами, что, безусловно, чревато большими социальными потрясениями, так как это однозначно будет квалифицировано, как покушение на личные права владельцев автомобилей. Введение системы штрафов и налогов (запрет поездок или платный проезд, например, в центральной части мегаполиса, зависимость налогообложения от литража двигателя и т.п.), как показывает

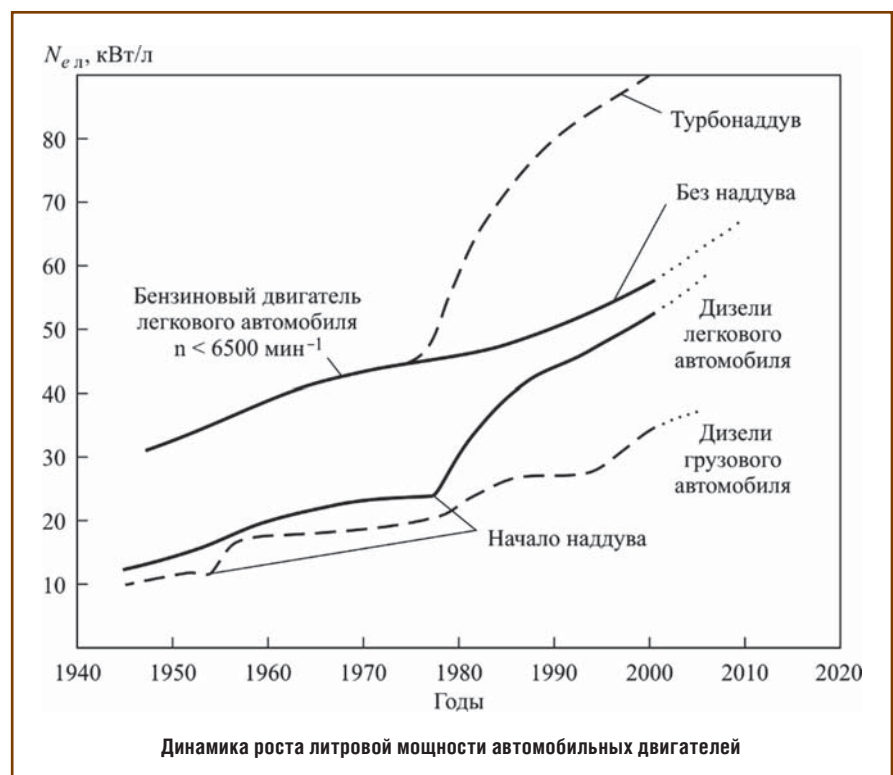
жизнь, мало влияет на сокращение поездок и литража эксплуатируемых автомобилей, но вызывает недовольство, прежде всего, владельцев автомобилей.

В работе [2], в которой проблема будущности поршневых двигателей рассмотрена с учетом социальных аспектов, приводится пример, когда искусственное сдерживание числа личных автомобилей в СССР (при наличии достаточно развитого и дешевого коммунального транспорта) весьма отрицательно воспринималось большинством населения. После развала СССР, как только открылась возможность массового ввоза импортных автомобилей, их количество на дорогах резко возросло, несмотря на то, что топливо стало существенно дороже, чем в бывшем СССР.

В качестве другого примера можно привести развитые европейские страны, в которых сравнительно небольшое повышение цен на автомобильные топлива приводило к массовым волнениям и демонстрациям протеста. Также абсолютно бесперспективное дело – ограничивать литраж автомобилей массового потребления и лишать людей возможности ездить на более мощных и комфорта-

бельных моделях. В связи с этим прогнозируется [2], что в ближайшие 50 лет, если не произойдут катаклизмы глобального масштаба, общей тенденцией останется массовое стремление к владению личным транспортом, особенно транспортом с более мощными и комфортабельными двигателями. Это означает, что общее число автомобилей, находящихся в эксплуатации, будет только увеличиваться. На рисунке ниже приведена динамика роста литровой мощности автомобильных двигателей [3], которая показывает четкую тенденцию повышения в обозримом будущем. Очевидно, что, несмотря на повышение топливной экономичности и улучшение экологических показателей современных и будущих двигателей, в целом потребление нефти и выброс вредных веществ будут увеличиваться.

Таким образом, сокращение поездок, числа эксплуатируемых автомобилей и применение малолитражных двигателей не являются кардинальным решением энергетических и экологических проблем, кроме того, они не являются перспективными и с точки зрения правового и социального аспекта. В лучшем случае их можно рассматривать как частный фактор



улучшения энергетической и экологической обстановки, незначительно влияющий на решение глобальных проблем.

Замена поршневого двигателя альтернативным источником энергии, не использующим нефтепродукты и не загрязняющим окружающую среду.

В настоящее время из всевозможных источников энергии наиболее реальной альтернативой поршневому двигателю является электрический двигатель, используемый на автомобилях с аккумуляторными батареями. Периодически обсуждаемая возможность замены автомобилей устройствами передвигания, использующими силу человеческих мышц (велосипед, скутер и т.п.), нереальна. Так называемые гибридные двигатели, состоящие из обычного поршневого двигателя и электродвигателя, требуют наличия мощного аккумулятора. Электродвигатель при ускорении передает энергию на вал поршневого двигателя, а при торможении работает в режиме генератора – отводит энергию от поршневого двигателя и заряжает аккумуляторную батарею. Очевидно, что такой гибридный двигатель не является альтернативой поршневому двигателю и может быть рассмотрен как частный фактор улучшения энергетической и экологической обстановки.

Замена поршневого двигателя внутреннего сгорания электрическим двигателем в настоящее время считается наиболее реальным из радикальных путей. Это хорошо видно на примере мегаполисов, в которых хорошо развиты трамвайные и троллейбусные сети, подземный и наземный электрический транспорт, а для междугороднего и международного сообщения – электрифицированная железная дорога. В перспективе к ним добавится достаточно большое количество внутригородских автомобилей для общественного транспорта (такая тенденция особенно заметна в США), однако, проблема личного транспорта останется нерешенной, так как автомобиль не соответствует естественному же-

ланию человека «ехать, куда хочу и когда хочу». При этом дело не только в том, что в настоящее время не существует аккумуляторных батарей, энергоемкость которых можно было бы сопоставить с энергоемкостью традиционных для поршневых двигателей топлив. Конечно, нельзя исключить прорыв в науке по аккумулярованию электрической энергии, однако, если даже это произойдет и на рынке появится массовый, недорогой и удобный в эксплуатации электромобиль с большим пробегом, то для зарядки его аккумуляторов не хватит производимой всеми электростанциями к настоящему времени электроэнергии. Доказательством такого утверждения является тот факт, что общая мощность, вырабатываемая в целом поршневыми двигателями, в несколько раз превышает установленную мощность всех электростанций. Это подтверждается также статистическими данными [2] на примере США, где в конце прошлого века из всего количества энергоресурсов производство электроэнергии потребляло 18%, а транспорт – 23%. Надежда на то, что производство электроэнергии в обозримом будущем увеличится в несколько раз, нереальна, так как это связано со следующими причинами:

1. Увеличением в ближайшее время добычи, производства и потребления ископаемых топлив, прежде всего угля. Однако это опять-таки приведет к ухудшению экологической обстановки окружающей среды.

2. Внедрением термоядерной энергетики. Однако, если в 70-80-х гг. прошлого века еще были такие надежды, то сегодня считается, что осуществление управляемой термоядерной реакции, по мнению физиков, возможно только через нескольких десятилетий.

3. Расширением сети атомных электростанций. Однако чернобыльская катастрофа, видимо, надолго затормозила ввод новых мощностей. Она привела к тому, что в настоящее время только в нескольких странах придерживаются стратегии развития атомной энергетики (во Франции,

например), в других странах (например, в Иране) это делают против желания общественности.

Таким образом, в целях улучшения экологической обстановки отдельно взятых мегаполисов электромобили в перспективе на ближайшие пару десятков лет могут заменить поршневые двигатели в качестве силового агрегата внутригородского автомобильного транспорта. В городском хозяйстве они могут занять свою нишу подобно электротранспорту, широко используемому в настоящее время для перевозок внутри помещения. Следует также подчеркнуть, что электропривод сложно приспособить для сельскохозяйственной техники, а для водного транспорта, особенно для морских судов, это практически невозможно.

* * *

Прогнозируя перспективы применения поршневых двигателей, следует также иметь в виду следующее:

1. До сегодняшнего дня поршневому двигателю по удельному расходу топлива нет равных среди других тепловых двигателей, что является важнейшим фактором на фоне неизбежного и постепенного удорожания топлив.

2. За почти полуторавековое существование поршневых двигателей созданы настолько отлаженные технологии массового производства, что их себестоимость по отношению к другим тепловым двигателям (газовые турбины, двигатели Стирлинга и др.) получается значительно ниже.

В связи с этим можно утверждать, что поршневой двигатель остается перспективным двигателем XXI в. как для наземного, так и для водного транспорта и скорее всего он сохранит свое монопольное положение в мировой энергетике нынешнего столетия. Но тогда решение энергетических и экологических проблем и дальнейшее развитие транспортной энергетики потребуют уже в ближайшем будущем применения нетрадиционных (альтернативных), не получаемых из нефти, топлив.

Краткий анализ перспектив внедрения альтернативных топлив для поршневых двигателей

В качестве альтернативы топливу нефтяного происхождения для поршневых двигателей в настоящее время наиболее часто рассматриваются синтетические топлива, угольные суспензии, спирты, эфиры, топлива из растительных масел, из газовых конденсатов, газообразные углеводородные топлива, водород, синтез-газы, сжиженные газы.

В рамках данной статьи нет возможности подробного их рассмотрения, поэтому ниже приведем краткую сравнительную оценку их перспектив в качестве топлив для поршневых двигателей.

Синтетические топлива. При ограниченных запасах нефти можно организовать производство бензина и дизельного топлива из других полезных ископаемых, таких, как бурый и каменный уголь, горючие сланцы, битуминозные (нефтеносные) пески, природный газ, торф. Кроме того, возможно их получение из биомассы и древесины.

Промышленный метод получения синтетических моторных топлив из угля основан на процессе, разработанном немецкими учеными Ф.Фишером и Г.Тропшом. Процесс Фишера-Тропша – это химическая реакция, происходящая в присутствии катализатора, в которой монооксид углерода (CO) и водород (H₂) преобразуются в различные жидкие углеводороды. Обычно используются катализаторы, содержащие железо и кобальт. Принципиальным значением этого процесса является производство синтетических углеводородов для использования в качестве синтетического топлива или синтетического смазочного масла. Процесс был изобретен в Германии, бедной нефтью, но богатой углем, в 1920-е гг. для производства жидкого топлива. Он использовался Японией и Германией во время второй мировой войны для производства альтернативного топлива. При этом годовое производство

синтетического топлива в Германии достигло более 124 тыс. баррелей в день (1 американский нефтяной баррель ≈ 136,4 кг нефти, более точно его величина зависит от марки нефти и ее плотности) и только в 1944 г. составило более 6 млн. т, так что технология получения дизельного топлива и бензина из угля имеет свою традицию и в настоящее время достаточно хорошо разработана. Основное преимущество этой технологии заключается в том, что позволяет получать жидкие углеводородные топлива со свойствами, близкими к современным бензинам и дизельным топливам. Тем самым сохраняется возможность продолжения производства и эксплуатации поршневых двигателей без каких-либо кардинальных изменений в их конструкции. Однако, рассматривая перспективы таких топлив, надо учесть следующие обстоятельства:

1. В настоящее время эта технология рассматривается, как альтернатива технологии производства топлива из нефти, когда нефть станет дороже. Синтетическое топливо, произведенное из угля, конкурентоспособно при цене на нефть выше 40 долл. США за баррель. Капитальные вложения, которые требуются при этом, составляют около 7-9 млрд. долл. США для запуска производства синтетического топлива из угля с мощностью 80 тыс. баррелей в день. Для сравнения, аналогичные мощности по переработке нефти стоят примерно в четыре раза дешевле [5, 6].

2. Природные запасы угля, конечно, больше, чем запасы нефти, однако, они тоже ограничены. Мировых запасов угля при современном уровне добычи может хватить на 200-250 лет [4], а при полном переводе транспорта на синтетическое топливо придется увеличить добычу угля в 8-10 раз [2]. Это потребует глобальной перестройки отрасли (увеличения численности работающих и горнодобывающей техники, массового строительства перерабатывающих заводов), которую невозможно будет осуществить в короткие сроки. Поэтому очевидно, что необходимо уже сегодня осваивать производство

синтетических топлив. В США, например, в 2006 г. приняты проекты строительства 9 заводов по производству синтетического топлива из угля суммарной мощностью 90-250 тыс. баррелей в день. Китай планирует в 2010-2015 гг. строительство заводов по производству синтетического топлива из угля суммарной мощностью около 16 млн. т в год, что составляет 5% от потребления и 10% от импорта нефти в страну в 2005 г.

3. Внедрение технологии производства синтетического топлива из угля может решить энергетическую проблему частично, передвинув ее решение на более поздний срок в связи с конечными запасами угля. Однако энергетическая проблема при этом останется. Более того – она усугубится, в частности, увеличится эмиссия диоксида углерода CO₂ («парникового газа»). По данным Национальной лаборатории по возобновляемым источникам энергии США (National Renewable Energy Laboratory), выбросы парниковых газов при сжигании синтетических топлив из каменного угля примерно вдвое выше, чем при сжигании бензина. Проблема эмиссии других вредных компонентов (NO_x, CH, CO, сажи) останется, как и в случае использования топлив нефтяного происхождения. Важной проблемой при производстве синтетического топлива является и высокое потребление воды, которой необходимо в 5-7 раз больше по сравнению с полученным топливом [5,6].

Горючие сланцы, а также битуминозные пески могут служить только в качестве вспомогательного сырья для производства синтетических топлив, так как их запасы сильно ограничены. Они содержат природные смолы (битумы и тяжелые нефти) в полутвердом и твердом состоянии. Синтетические моторные топлива получают путем термического разложения сланцев с выделением сланцевой смолы, выход которой составляет примерно 20% от массы исходного сырья [4], а по другим данным [2] всего 10%. Легкие фракции этой смолы используются для производства топлив, близких по свойствам к стандартным дизельным

топливам. Очевидно, что добыча и переработка горючих сланцев для получения синтетического топлива сопряжены с переработкой огромного количества отходов. В настоящее время производство синтетических топлив из горючих сланцев обходится дешевле, чем из угля, однако полученные из сланцев топлива, как правило, имеют повышенное содержание серы и азота и требуют дополнительных мер для очистки отработавших газов.

Природный газ, основным компонентом которого является метан, кроме того, что непосредственно используется в качестве моторного топлива, может служить и в качестве сырья для производства синтетических топлив. Это производится путем окисления природного газа в присутствии катализатора, в результате чего получается так называемый синтез-газ, представляющий собой смесь из монооксида углерода CO и водорода H₂. Синтез-газ в промышленности получают паровой конверсией метана, парциальным окислением метана, газификацией угля. В зависимости от способа получения соотношение CO:H₂ варьируется в диапазоне от 1:1 до 1:3. Из синтез-газа с помощью процесса Фишера–Тропша получают жидкие синтетические топлива, при этом из 1 м³ синтез-газа получается примерно 120–180 г жидких углеводородов. Смешивание этих углеводородов между собой позволяет получить топливо для поршневых двигателей с заданными физико-химическими свойствами.

Важным преимуществом синтетического дизельного топлива, полученного путем газожидкостной конверсии, является то, что содержание серы в нем практически равно нулю. Кроме того, синтетическое топливо содержит существенно меньше полиароматических компонентов в сравнении с дизельным топливом, производимым из сырой нефти. Благодаря этому синтетическое топливо горит чисто, практически без сажи. В настоящее время производство синтетических топлив из природного газа примерно в два раза дороже нефтяных прежде всего из-за большой энергоёмкости

используемого процесса Фишера – Тропша. Следует учесть, что огромное количество природного и попутного газа при нефтедобыче просто уходит в атмосферу. Превращение газа прямо на месторождении в жидкие компоненты очень выгодно экономически, поскольку газ трудно транспортировать: на его перевозку обычно затрачивается от 30 до 50% стоимости готового продукта.

За рубежом производство синтетических топлив из природного газа освоено на промышленном уровне (производственная мощность завода фирмы «Shell» в Малайзии, например, составляет порядка 14 тыс. баррелей в сутки, а мощность строящегося завода этой же фирмы в Катаре будет в десять раз больше и составит порядка 140 тыс. баррелей в сутки). В России работа в этом направлении ведется на уровне лабораторных исследований в ряде научных учреждений. В целом синтетические топлива, наверное, в первой половине текущего столетия покроют часть дефицита горючего, полученного из нефти [2].

Угольные пыли (порошки) и суспензии. Задача создания поршневого двигателя, работающего на угольной пыли, побудила Р.Дизеля разработать принципиально новый двигатель, который стал бы альтернативным двигателю Н.А. Отто, имевшему к тому времени наилучшие эффективные показатели в сравнении с другими тепловыми двигателями. Проблема создания двигателя, работающего на угольной пыли, особенно важна была для Германии, которая при больших запасах каменного угля не имеет природных запасов нефти. Однако Р.Дизель не смог осуществить провозглашенные им «три основных условия совершенного сгорания» [9]: получение максимальной температуры цикла до сгорания (в конце процесса сжатия) с помощью высокой степени сжатия воздуха; постепенное введение в этот сильно сжатый, высокотемпературный воздух сильно размельченного топлива (угольную пыль) такими порциями, чтобы сгорание, осуществляемое при перемеще-

нии поршня к нижней мертвой точке, не вызывало повышение температуры рабочего тела (изотермическое сгорание); обеспечение в цилиндре наличия такого количества воздуха, чтобы двигатель мог работать без системы охлаждения. При этом Р.Дизелю не удалось осуществить изотермическое сгорание и в случае жидкого топлива, в результате им был разработан двигатель, работающий на жидком топливе по термодинамическому циклу с изобарным подводом теплоты (цикл Дизеля). В дальнейшем работы в данном направлении продолжались и продолжаются в настоящее время [7], однако внедрению таких двигателей на практике препятствуют нерешенные проблемы, связанные с подготовкой топлива, организацией процессов топливоподачи и сгорания. Оптимальные размеры частиц угольной пыли зависят, прежде всего, от быстротности дизеля и меняются от 15 мкм (для высокооборотных) до 45 мкм (для малооборотных дизелей) [7].

Перспективным считается рабочий цикл дизеля, где в качестве топлива используются угольные суспензии, более удобные и технологичные при применении, чем угольная пыль (угольный порошок). При этом могут быть применены как топливоугольные (с дизельным или другим жидким топливом), так и водоугольные суспензии. Кроме того, следует учесть, что угольные суспензии, в зависимости от содержания угольной пыли, по своим физическим свойствам существенно отклоняются от ньютоновских жидкостей, что значительно усложняет конвертирование существующих дизелей и требует разработку новых стратегий при проектировании системы топливоподачи.

В настоящее время накоплен достаточно большой опыт, согласно которому можно сформулировать ряд других проблем в этом направлении. В частности, применение пылеугольного топлива в двигателях с внешним смесеобразованием и принудительным зажиганием не привело к успеху в связи с неудовлетворительной работой смесителя (или карбюратора) [10], а теоретически возможные

способы подачи такого топлива под давлением во впускную систему без этих устройств практически не исследованы. Подача угольной пыли с помощью сжатого воздуха несет в себе опасность взрыва горючей смеси. Кроме того, основная проблема сжигания твердого топлива в дизеле – это его зольность, существенно влияющая на износ основных деталей, так как зола осажается на их поверхностях, покрытых маслом. Надо учесть и то, что применение угольной пыли и суспензии в дизелях предусматривает использование других природных топлив (твердых или жидких), запасы которых также ограничены. Если также иметь в виду уровень современных разработок данного направления с учетом жестких экологических и экономических требований, предъявляемых к современным и перспективным двигателям, то становится очевидным, что двигатели, работающие на угольной пыли или суспензии, вряд ли займут существенное место в транспортном двигателестроении обозримого будущего.

Спирты. К настоящему времени накоплен достаточно большой опыт применения в поршневых двигателях в качестве топлива метанола (метилового спирта) $\text{CH}_3\text{-OH}$ и этанола (этилового спирта) $\text{C}_2\text{H}_5\text{-OH}$. Как видно, названия спиртов происходят от названий соответствующих углеводородных радикалов. Использование спиртов в поршневых двигателях приводит к существенному снижению содержания монооксида углерода и других токсичных компонентов в отработавших газах, поэтому интерес к этим топливам особенно вырос с 70-х гг. прошлого века, после введения законодательных ограничений количества вредных компонентов в продуктах сгорания. В настоящее время наиболее выгодным считается производство метанола из угля и этанола из биомассы. Очевидно, что для массового производства потребуются увеличение добычи угля, ресурсы которого тоже ограничены. Получение этанола из биомассы, как из возобновляемого источника, в этом смысле

безусловно имеет преимущества, несмотря на сравнительно большие затраты на производство.

Внедрению спиртов в качестве моторного топлива способствуют хорошо отработанные промышленные технологии производства, что позволило, например, в Бразилии, где в качестве сырья для получения спирта используются отходы производства сахарного тростника, перевести часть транспорта на спиртовое топливо. В настоящее время в Бразилии этиловый спирт, произведенный из сахарного тростника, составляет около 40% горючего для автомобилей. В США примерно 20% урожая кукурузы перерабатываются в этиловый спирт, который смешивается с бензином в пропорции 1:9 для получения так называемого реформулированного (более чистого) бензина. Согласно закону о национальной политике в области энергетики США планируют к 2012 г. удвоить производство этилового спирта (в настоящее время он составляет 2% от общего объема потребления топлива) [11]. Цена этилового спирта в таком случае зависит от затрат удобрений, воды, природного газа и электроэнергии, используемых при производстве этилового спирта из кукурузы. Более эффективным является получение этилового спирта из целлюлозной биомассы (стерни и отходов растений, не используемых в качестве корма для животных). Очевидно, что производить в промышленном масштабе такое топливо могут позволить себе только страны, имеющие соответствующие климатические условия и стабильно производящие продукцию растениеводства.

По своим физико-химическим свойствам метанол и этанол близки к бензинам (повышенная испаряемость, относительно невысокая плотность и вязкость, октановое число у метанола 91, а у этанола – 92), однако, их широкому применению в качестве моторного топлива препятствует высокая себестоимость по сравнению с бензином. При использовании спиртов в качестве дизельного топлива к этому добавляется необходимость су-

щественного изменения конструкции дизеля, вызванная низкой воспламеняемостью спиртов. В перспективе на ближайшие 20-30 лет спирты могут составить не более 5-10% из всего употребляемого поршневыми двигателями топлива.

Литература

1. Esso Deutschland GmbH: Energieprognose 2001 – Potential Gasvorräte. Exxon Mobil Central Europe Holding GmbH, 2002.
 2. **Галышев Ю.В., Магидович Е.М.** Перспективы применения газовых топлив в ДВС. – Двигателестроение, № 3, 2001. – С. 31-35.
 3. **Кавтарадзе Р.З.** Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С. 720.
 4. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: Изд-во «ИРЦ Газпром», 2007. С. 480.
 5. Big Coal Tries to Recruit Military to Kindle a Market. The Wall Street Journal, 11.09. 2007.
 6. Процесс Фишера-Тропша. <http://ru.wikipedia.org>
 7. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах. М.: Изд-во «Легион – Автодата», 2008. – С. 464.
 8. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – С. 311.
 9. **Diesel R.** «Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Wärmemotoren». Berlin. Springer-Verlag. 1893. 96 S. Reprintausgabe, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1986. 96 S.
 10. **Колеров Л.К.** Применение пылеугольного топлива в дизелях. Двигателестроение, № 2, 1982. – С. 51-53.
 11. **Хэйвуд Дж.** Горючее будущего. В мире науки, № 1, 2007. С. 28-31.
- Окончание в следующем номере.*

Производство водорода из органического сырья

М.Ф. Кротов,

начальник лаборатории института водородной энергетики
ФГУ РНЦ «Курчатовский институт», к.т.н.,

С.В. Коробцев,

зам. директора института водородной энергетики
ФГУ РНЦ «Курчатовский институт», к.т.н.,

В.Н. Фатеев,

зам. директора РНЦ «Курчатовский институт», профессор, д.х.н.,

Р.О. Самсонов,

генеральный директор ООО «ГазпромВНИИГАЗ», д.т.н.,

С.И. Козлов,

зам. генерального директора ООО «ГазпромВНИИГАЗ», д.т.н.

В настоящей статье рассмотрены современные разработки аппаратурно-технологического оформления процессов производства водорода из органического сырья. Особое внимание уделено разработкам ведущих отечественных и зарубежных фирм, направленных на создание новых, высокоэффективных технологий с уровнем единичной производительности в диапазоне 10-1000 nm^3 водорода в час, позволяющих обеспечивать инфраструктуру децентрализованного производства водорода из углеводородов, включая станции водородной заправки для автотранспорта, а также производство водорода на борту автомобиля. Приведены результаты исследований, направленных на разработку конверторов метанола, в том числе для применения на борту автомобиля. Отдельно выделены современные разработки, выходящие за рамки традиционных химических технологий и позволяющие существенно повышать удельную производительность химического реактора. В их числе работы по созданию топливных процессоров на основе плазменных технологий, а также разработки микроканальных каталитических реакторов, активно использующие достижения микроэлектроники.

Ключевые слова: водородная энергетика, производство водорода, конверсия углеводородов, водородная автозаправочная станция, экологически чистый транспорт.

Hydrogen production from fossil fuel and other organic materials

M.F. Krotov, S.V. Korobtsev, V.N. Fateev, R.O. Samsonov, S.I. Kozlov

A modern development of technologies and apparatus for hydrogen production from fossil fuel and other organic materials is presented. A special attention paid for the development of leading Russian and foreign companies focused on creation advanced, high efficiency technologies of hydrogen production with the capacity range from 10 to 1000 nm^3 per hour. Such systems allow supporting the infrastructure of a distributed (load-area) hydrogen production from hydrocarbons, including hydrogen refueling stations for vehicles and onboard hydrogen production. The results of research on a methanol conversion (including onboard conversion systems) are presented. A modern development of advanced technologies which are beyond the scope of traditional chemical technologies and which allow to essentially increase a specific productivity of chemical reactor are separately marked out. Among theirs – works on creation of fuel processors based on plasma technologies and on development of micro-channel catalytic reactors which used a microelectronics achievements.

Keywords: hydrogen energy, hydrogen production, hydrocarbons conversion, hydrogen refueling station, zero emission transport.

Часть 2

В журнале №3 (9) 2009 г. «Транспорт на альтернативном топливе» [1] были рассмотрены физико-химические основы процессов получения водорода из органических соединений. Как было отмечено, перевод автомобильного транспорта на водород требует в первую очередь решения задачи создания соответствующей инфраструктуры топливообеспечения. При этом на начальном этапе развития водородной энергетики наличие уже развитой инфраструктуры топливообеспечения бензином, сжиженным и газообразным природным газом позволяет создавать на ее основе инфраструктуру децентрализованного производства водорода из углеводородов, включая станции водородной заправки для автотранспорта [2, 3]. В дальнейшем предполагается переход на централизованную инфраструктуру производства и распределения водорода с использованием, в основном, в качестве сырья более широкого спектра органических соединений.

В настоящее время подавляющее большинство действующих установок, производящих водород, – это крупнотоннажные системы с единичной производительностью в диапазоне 10-100 тыс. nm^3 водорода в час. Производимый на них водород используется в основном в качестве сырья для производства аммиака с последующим производством удобрений и/или азотной кислоты. Эти технологии уже сейчас обладают приемлемыми параметрами по стоимости производимого водорода и могут быть использованы в водородной энергетике с централизованной инфраструктурой. Децентрализованное производство водорода требует создания высокоэффективных технологий с уровнем единичной производительности в диапазоне 10-1000 nm^3 водорода в час.

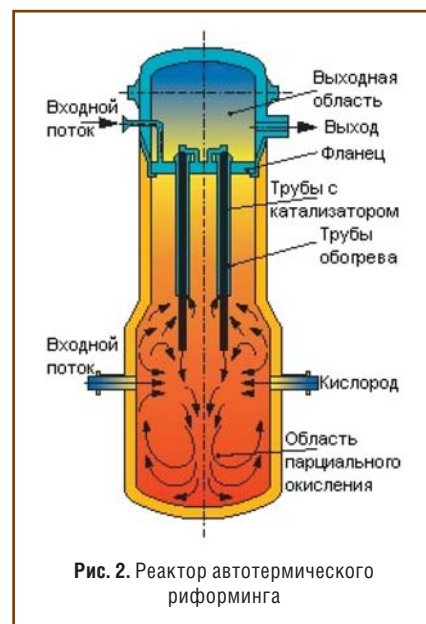
До настоящего времени промышленное производство водорода в различных отраслях (электроника, электротехника, машиностроение и т. д.) на этом уровне производительности обеспечивалось в основном электролизом воды. Стоимость производства водорода из воды значительно выше его производства из углеводородов

[4], однако, цена водорода для промышленных применений не является определяющей в стоимости конечной продукции. При этом суммарные потребности относительно невелики. В водородной энергетике цена водорода, как универсального вида топлива, является определяющим фактором, а требуемые объемы производства чрезвычайно высоки. Таким образом, одним из главных направлений разработок в области водородной энергетики является создание высокоэффективных технологий производства водорода из органического сырья, как наиболее широко распространенного источника водорода, и прежде всего технологий с малым уровнем производительности.

Типовая схема установки конверсионного производства водорода из углеводородного сырья включает, помимо двух основных стадий, к которым относятся конверсия углеводородов с получением синтез-газа (смесь оксида углерода и водорода) и реакция «сдвига», в результате чего оксид углерода при взаимодействии с

водой преобразуется в углекислый газ и водород, еще две вспомогательные стадии – подготовку сырья и очистку получаемого водорода, а также утилизацию теплоты реакционных и дымовых газов [5].

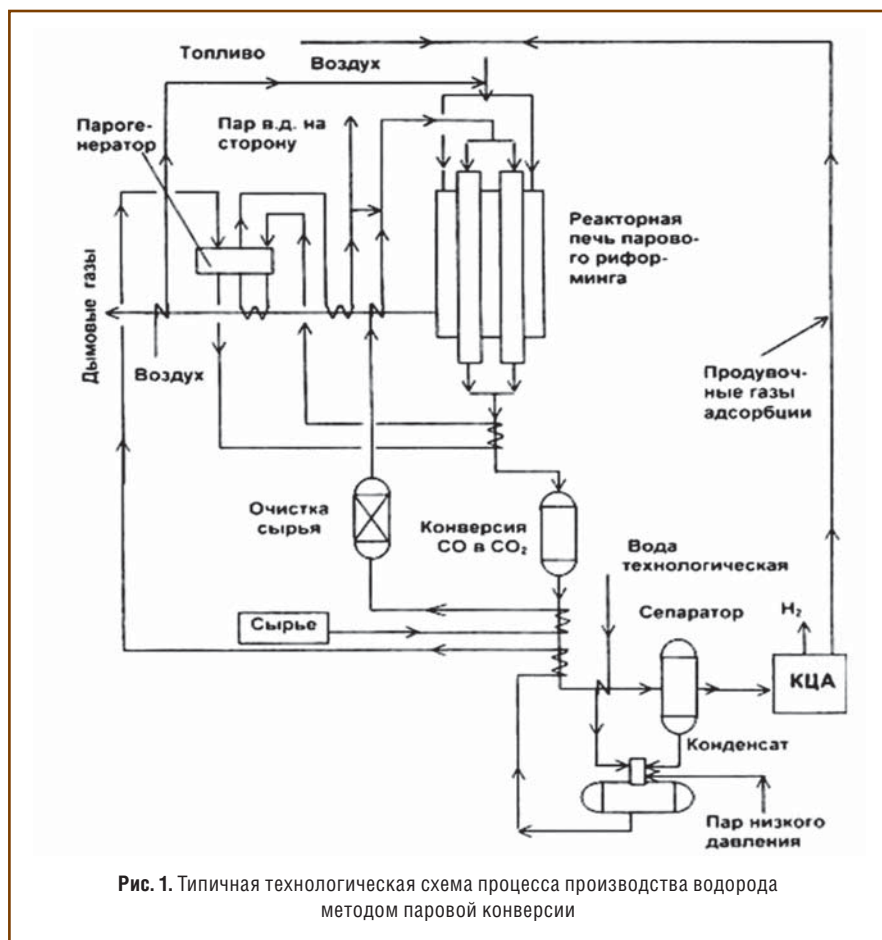
На стадии подготовки сырья производится удаление серосодержащих соединений. Требования к качеству сырья обусловлены опасностью отравления серой катализаторов. Содержание серы в сырьевом потоке не должно превышать 0,5 мг/нм³. Стадия очистки получаемого водорода включает в себя отделение водорода от CO₂, а также удаление остатков CO. В настоящее время для очистки водорода на вновь строящихся водородных установках применяется метод короткоциклового адсорбции (КЦА). Метод основан на адсорбции цеолитами всех примесных газов – CO, CO₂, CH₄, H₂O, N₂, кроме водорода, при давлениях 1-4 МПа. Процесс проводится при температурах 4-30°С и обеспечивает высокую чистоту водорода вплоть до 99,999%, требуемую для



энергоустановок на основе твердотопливных элементов, являющихся основой энергопривода «водородных» автомобилей. Регенерация адсорбента проводится десорбцией поглощенных газов путем сброса давления до 0,1-0,4 МПа и продувкой адсорбера газом, который не поглощается адсорбентом (частью потока чистого водорода). Продувочный газ адсорберов представляет собой низкокалорийное топливо и используется на месте, покрывая 70-90% потребности реактора конверсии в топливе.

На рис. 1 на примере процесса «Hydrogen», разработанного одной из крупнейших фирм «Linde» (Германия), специализирующейся на производстве водорода, показана типичная схема процесса паровой конверсии газообразных углеводородов [6].

Процесс реализует паровой риформинг (конверсию) углеводородного сырья в трубчатой печи. Все виды сырья (природный или попутный нефтяной газы, нефтяной газ, нефть) подаются в установку в газообразном состоянии, при необходимости дожимаются, очищаются от сернистых и других примесей путем их гидрогенизации до H₂S и его удаления в присутствии ZnO. Очищенный поток сырья смешивается с подогретым паром, подогревается дымовыми газами и подается в трубчатую реакторную печь риформинга, трубы которой наполнены никелевым катализатором. Температура в



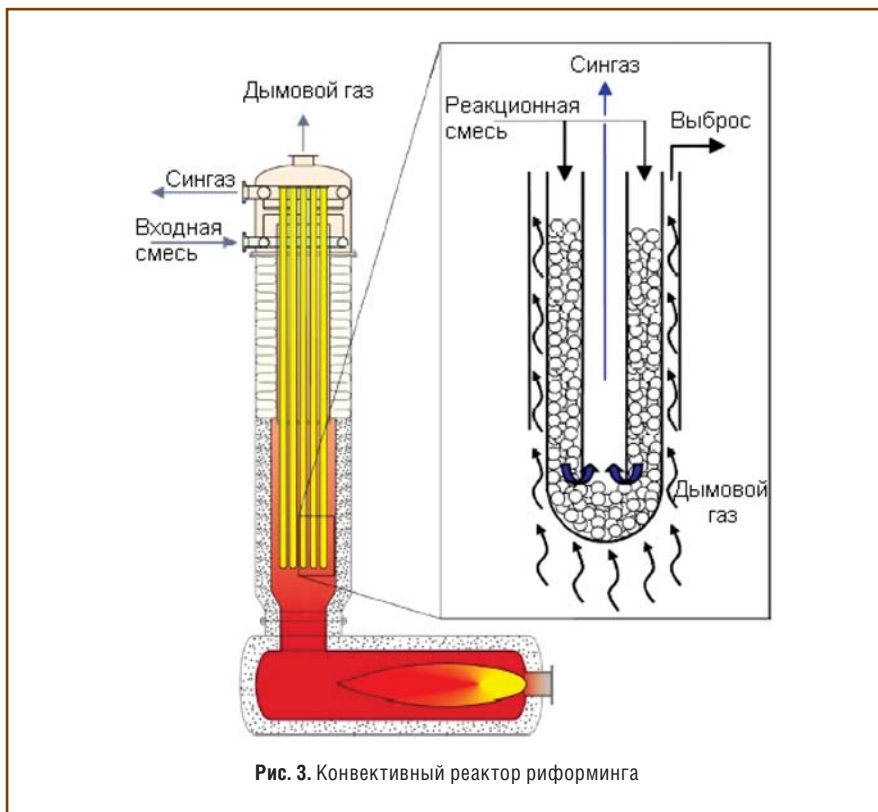


Рис. 3. Конвективный реактор риформинга

реакционной зоне составляет 800-900°C. В качестве топлива печи частично используются газы адсорбционной очистки H_2 . Поток реакционной смеси и пламя горелок направлены в одну и ту же сторону сверху или снизу реакторной печи. Теплота дымовых газов используется для выработки пара и предварительного подогрева потока сырья.

Смесь H_2 , CO , CO_2 и следов CH_4 после охлаждения поступает в реактор «сдвига» CO в CO_2 при избытке пара с получением дополнительного количества H_2 и выделением теплоты. Далее смесь охлаждается потоком исходного сырья, питательной водой парогенератора и после отделения конденсата подается в систему КЦА, где H_2 отделяется от остатков CO_2 , CH_4

и воды. Диапазон единичных мощностей, введенных в производство, – от 1000 до 100 000 $nm^3/ч$.

Технологические схемы производства водорода из органического сырья характеризуются большим разнообразием, в основном, в части стадии получения синтез-газа за счет применения различных процессов конверсии, их комбинирования и аппаратного оформления. Типичное значение расхода энергии на процесс составляет 3-3,5 $Gкал/1000 nm^3H_2$.

Прямое снижение единичной производительности конверсионных аппаратов кожухотрубчатого типа до уровня малых производительностей наталкивается на проблему роста поверхности аппаратов относительно реакционного объема, что приводит к увеличению удельных капитальных затрат, избыточным тепловым потерям и, соответственно, недопустимо высокой цене водорода.

На рис. 2, 3 показаны различные варианты конструктивного оформления конверсионных реакторов.

На рис. 2 показан реактор, в котором реализован комбинированный процесс, сочетающий процессы частичного некаталитического окисления и одностадийного парового риформинга внутри одного аппарата. Рекомендуемый диапазон производительности 4-40 тыс. $nm^3/ч$.

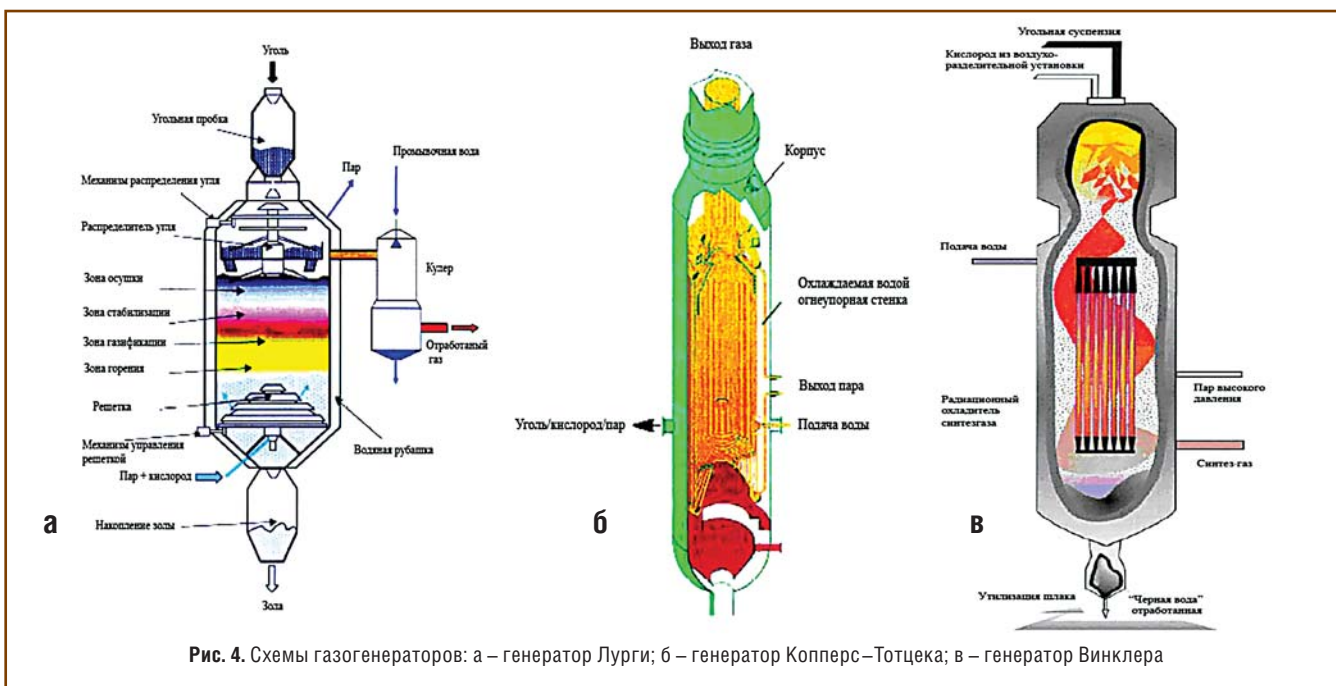


Рис. 4. Схемы газогенераторов: а – генератор Лурги; б – генератор Копперс–Тотцека; в – генератор Винклера

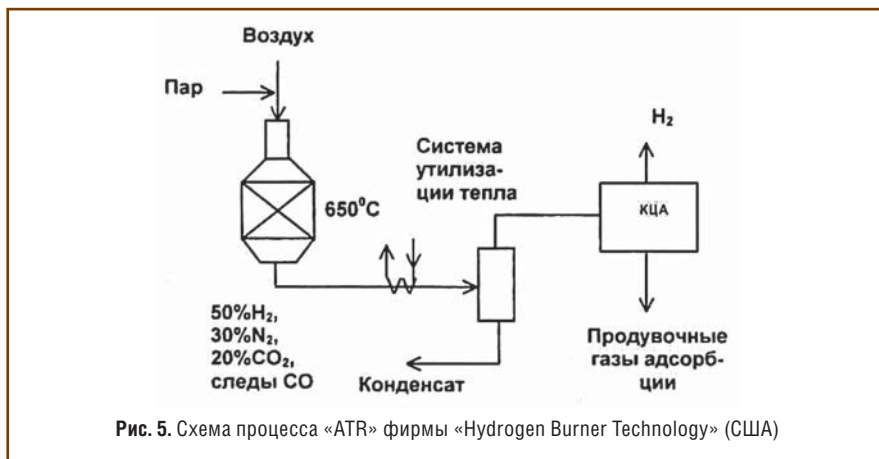


Рис. 5. Схема процесса «ATR» фирмы «Hydrogen Burner Technology» (США)

Конвективный реактор риформинга, показанный на рис. 3, представляет собой цилиндрическую печь с от-



Рис. 6. Серийная установка контейнерного типа фирмы «Hydrogen Burner Technology»

дельной камерой сгорания в нижней секции и вертикальными трубками со слоем катализатора. Благодаря внутренней рекуперации тепла реактор обладает более высокой эффективностью, что позволяет реализовать диапазон средней производительности 200-20000 $\text{м}^3/\text{ч}$. Уже построено более 20 малых и средних установок по данной технологии, в том числе для обеспечения водородом энергетических установок на топливных элементах.

Конструкции газогенераторов-реакторов, применяемых для реализации процесса газификации твердых органических топлив, также отличаются разнообразием. На рис. 4 приведены схемы основных типов газогенераторов, применяемых в процессах газификации [7].

В газогенераторе типа Лурги (рис. 4а) медленно опускающийся слой кусков твердого топлива разме-

ром 5-30 мм продувают снизу парокислородной смесью под давлением около 3 МПа. Сухой газ, получаемый из бурого угля в таком газогенераторе, обычно содержит (% по объему): H_2 – 39%, CO – 20%, CH_4 и другие углеводороды – 11%, CO_2 – 30%. Недостатками газогенератора Лурги являются вероятность спекания угля в слое, загрязнение газа продуктами полукоксования и невозможность использования мелких кусков топлива.

В газогенераторе Копперс–Тотцека (рис. 4б) газификации подвергают угольную пыль с размером частиц менее 100 $\mu\text{м}$, которая перемещается в одном направлении с парокислород-

ной смесью (соотношение O_2 и пара от 50:1 до 20:1). Угольную пыль смешивают с паром и O_2 в горелке и при атмосферном давлении подают в реакционный объем. Большое содержание O_2 в дутье обеспечивает высокую температуру процесса (1400-1600°C) и жидкое шлакоудаление. Сухой газ, получаемый из бурого угля в этом газогенераторе, содержит (% объемные): H_2 – 29%, CO – 56%, CH_4 – < 0,1%, CO_2 – 12%. Максимальная производительность газогенератора (25-50)·103 $\text{м}^3/\text{ч}$. Достоинства: возможность газификации любых топлив, включая шламы и отходы обогащения угля, отсутствие в газе продуктов полукоксования. Недостатки: дополнительные затраты энергии на тонкий помол и сушку топлива, большой расход кислорода.

В газогенераторе Винклера (рис. 4в) кипящий слой мелкозернистого топлива с частицами размером 2-10 мм продувают парокислородной смесью при атмосферном давлении. Температуру в кипящем слое (900-950°C) выбирают так, чтобы зола удалялась в твердом виде. При этом крупные частицы золы выводятся через нижнюю часть аппарата, а мелкие – с газом. Сухой газ, получаемый, например, из бурого угля в этом газогенераторе, содержит

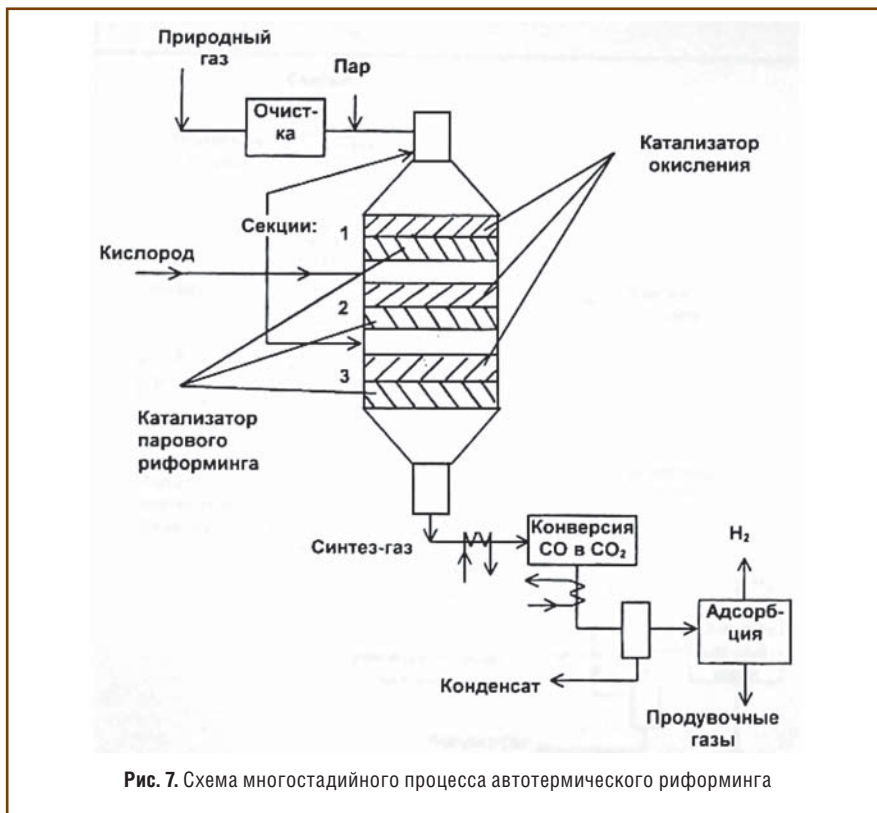


Рис. 7. Схема многостадийного процесса автотермического риформинга

(% объемные): H_2 – 39%, CO – 35%, CH_4 – 1,8%, CO_2 – 22%. Недостатки газогенератора: необходимость сортировки топлива, использования циклонов и систем рециркуляции, так как большое количество непрореагировавшего топлива уносится с газом.

В качестве твердого органического сырья для производства синтез-газа, кроме угля, используются также смесь торфа, сланцев, твердых бытовых отходов (ТБО) и нефтяных остатков (мазута, гудрона, тяжелых остатков от вторичных процессов нефтепереработки) и биомасса. В отличие от угля, биомасса газифицируется при более низкой температуре $T = 400-500^\circ C$. Состав генераторного газа из биомассы: 18-20% H_2 , 18-20% CO , 2-3% CH_4 , 8-10% CO_2 , остальное – азот. Малое содержание серы облегчает очистку полученного из биомассы генераторного газа. Расход энергии составляет 3,2-3,5 $Гкал/1000 \text{ м}^3 H_2$.

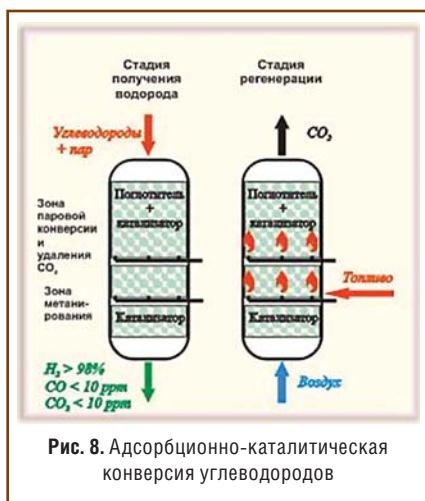


Рис. 8. Адсорбционно-каталитическая конверсия углеводородов

Описанные выше схемы и аппараты создавались, прежде всего, для крупнотоннажного производства водорода. Ниже приведены схемы процессов, разрабатываемых специально для создания установок малой производительности, в том числе для обеспечения энергетических установок на топливных элементах. Основным направлением этих разработок является снижение температуры процесса и упрощение технологической схемы.

На рис. 5 изображена схема процесса «ATR» фирмы «Hydrogen Burner Technology» (США) [6].

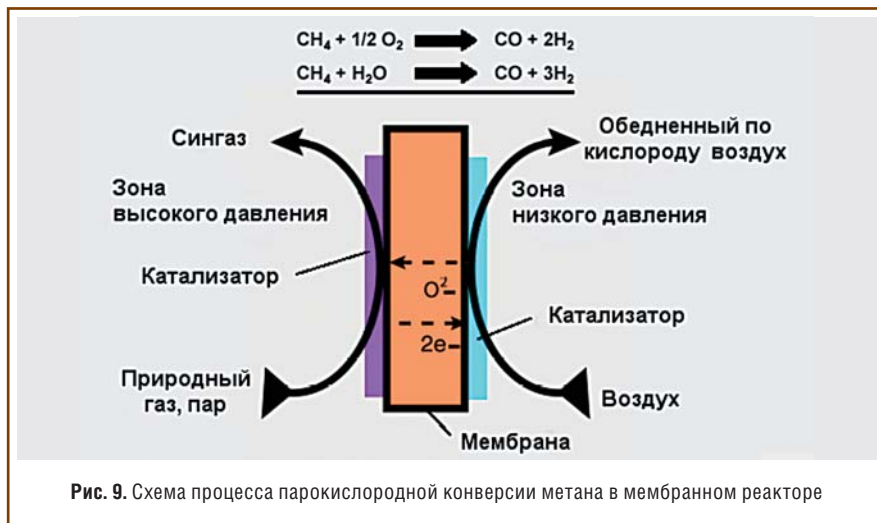


Рис. 9. Схема процесса парокислородной конверсии метана в мембранном реакторе

Цель данной разработки – создать предельно простую технологию автотермического риформинга для малых компактных водородных установок. Синтетический газ из реактора имеет состав: 50% H_2 , 30% N_2 , 20% CO_2 и очень незначительное количество CO . Водород с чистотой 99,999% получают на адсорберах КЦА. Процесс предполагается использовать для малых водородных установок, применяемых в процессах гидрогенизации пищевых жиров и масел, а также для водородных автозаправочных станций. На рис. 6 приведена фотография серийной компактной установки контейнерного типа фирмы «Hydrogen Burner Technology» на производительность 12 $\text{м}^3 H_2$ в час.

На рис. 7 приведена схема процесса, разрабатываемого японскими фирмами «IAE» и «RITE» [6]. В данной схеме реализуется многостадийный процесс автотермического риформинга при относительно низких температурах, проводимый в одном реакторе с чередованием окисления и парового риформинга в каждой стадии. Процесс происходит в вертикальном ре-

акторе с двумя или тремя секциями катализаторов, расположенных друг над другом. Каждая секция состоит из двух слоев насадок. Первый верхний слой на базе марганцевой соли гексаалюминиевой кислоты поддерживает каталитическую реакцию окисления метана. Второй нижний слой – катализатор на базе никеля, наносимого на окись алюминия Al_2O_3 .

В первом слое катализатора часть метана с температурой 450-500 $^\circ C$ окисляется и в результате экзотермической реакции нагревается до 900-1000 $^\circ C$, то есть до температур парового риформинга. Во втором слое катализатора происходит реакция парового риформинга, то есть следующая часть метана реагирует с H_2O с получением H_2 и CO . Поскольку эта реакция эндотермическая, то происходит снижение температуры реакционных газов до 450-500 $^\circ C$. При такой схеме наружную температуру стенки реактора можно поддерживать ниже 300 $^\circ C$ и работать с меньшими температурами предварительного подогрева, за счет чего снижается общая стоимость оборудования. Процесс находится на стадии исследований

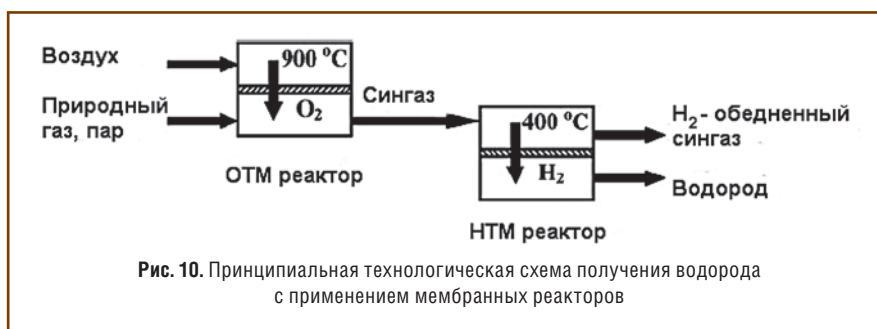


Рис. 10. Принципиальная технологическая схема получения водорода с применением мембранных реакторов

и разработок. Производительность лабораторной установки – 24 $\text{nm}^3/\text{сут}$.

В институте катализа им. Г.К. Бореского СО РАН разрабатывается процесс паровой конверсии, стимулированный сорбцией (рис. 8) [8]. В процессе используется катализатор паровой конверсии, перемешанный с сорбентом (оксид кальция). В результате из реакционной зоны удаляется CO и CO_2 , и в составе газа на выходе остается преимущественно водород (90% H_2 , 10% CH_4 , 0,5% CO_2 и <50 ppm CO). Поскольку из зоны реакции постоянно удаляется один из продуктов, равновесие сдвигается и процесс идет при значительно более низких температурах (400-500°C), что уменьшает тепловые потери и металлоемкость аппаратов. Создана демонстрационная установка. По оценкам разработчиков такая технология обеспечивает снижение капитальных затрат на 30% и позволяет производить переработку топлива с содержанием серы до 200 ppm.

Другим перспективным направлением разработок является концепция мембранных реакторов, основанная на применении в конструкции реакторов газопроницаемых мембран с селективной проводимостью по различным газам. Такие мембраны позволяют создавать системы, где реакционные процессы и процессы разделения компонентов совмещены в одном аппарате. Это позволяет существенно упростить технологическую схему процесса, а также интенсифицировать процессы за счет селективного удаления продуктов из реакционной зоны [9]. Применительно к разработке конверсионных процессов производства водорода рассматриваются два типа мембран – с кислородной проводимостью и водородопроницаемые.

В качестве мембран с кислородной проводимостью применяются ионно-транспортные мембраны (ITM – ion transport membrane; в литературе используется также термин OTM – oxygen transport membrane). Если с одной стороны такой мембраны имеется поток воздуха, а с другой стороны мембраны с нанесенным катализатором пропускать поток метана в смеси с водяным паром, то в системе можно реализовать, например, про-



Топливный процессор



Фильтр отделения чистого водорода

Рис. 11. Конвертор (процессор) метанола разработки компании «НИК НЭП»

Основные технические характеристики конвертора

Производительность по водороду (обеспечивается электрическая мощность ЭУ не менее 6 кВт)	0,4 кг/ч
Чистота производимого водорода, не хуже	99,99% об.
Давление водорода	0,2 Мпа
Расход метанола-водного топлива	5,0 кг/ч
Выбросы в окружающую среду (NO_x , C_xH_2 , CO)	Ниже требований «Евро-4»
Масса незаправленного топливного процессора	70 кг
Количество заправляемого металоводного топлива (в последних модификациях)	50 л

цесс парокислородной конверсии метана (рис. 9) или процесс парциального окисления метана, совмещенный с процессом разделения воздуха. Такая организация процесса позволяет исключить из технологической схемы дорогостоящий процесс разделения воздуха, а в случае паровоздушной конверсии исключить выбросы NO_x и необходимость выделения азота из продуктов реакции. Снижение капитальных затрат при этом оценивается в 30%.

В качестве мембран, обладающих селективной проницаемостью по водороду (НТМ), возможно применение трех типов мембран, различающихся механизмом проницаемости. В настоящее время наиболее эффективные водородопроницаемые мембраны изготавливаются из сплавов палладия с серебром, медью, церием, иттрием в виде пленок толщиной до 60 мкм.

В отличие от чистого палладия такие сплавы не подвержены водородному растрескиванию и нечувствительны к циклическим изменениям температуры. Другими типами мембран, обладающих селективной проницаемостью по водороду, являются микропористые мембраны с молекулярным механизмом проницаемости, а также мембраны с протонной проводимостью по ионно-транспортному механизму.

Мембранный реактор на основе водородопроницаемых мембран позволяет реализовать процесс паровой конверсии метана с получением водорода высокой чистоты в одном аппарате. В этом случае в реакционную зону, заполненную катализатором паровой конверсии, подаются под давлением пар и метан. Образующийся в процессе паровой конверсии метана водород при наличии разницы



Рис. 12. Модульная установка производства водорода из метанола

парциальных давлений на водородопроницаемой мембране непрерывно удаляется из реакционной зоны. Непрерывное удаление водорода сдвигает равновесие процесса, что позволяет получать высокую степень конверсии при более низких температурах.

Принципиальная технологическая схема получения водорода с последовательным применением мембранных реакторов по типу ОТМ и НТМ приведена на рис. 10.

В первом реакторе с ОТМ-мембраной реализуется процесс парокислородной конверсии, совмещенный с процессом выделения кислорода из воздуха. Второй мембранный реактор с водородопроницаемой мембраной заменяет реактор конверсии CO в CO₂

и установку очистки H₂. Непрерывное удаление водорода из зоны реакции через мембрану способствует смещению реакции конверсии CO в сторону увеличения выхода H₂.

Еще одним перспективным направлением работ является разработка конверторов метанола, в том числе для получения водорода на борту автомобиля. Метанол (этанол) является жидкостью, что упрощает проблему его хранения на борту автомобиля. Очистка водорода от исходных непрореагировавших веществ достаточно проста, а более низкие температуры конверсии сокращают время выхода конвертора на рабочий режим и делают его более удобным при эксплуатации (не нужна мощная тепловая защита и теплоотвод). На рис. 11 представлен топливный процессор (конвертор) метанола, предназначенный для получения чистого водорода из метанола-водного топлива, разработанный компанией «НИК НЭП» [10]. Процессор является составной частью водородно-воздушных энергоустановок с топливными элементами для стационарного и транспортного применения.

Фирма «Haldor Topsoe» (Дания) разработала технологию получения водорода путем пиролиза метанола. Метанол и технологическая вода

смешиваются, смесь испаряется и перегревается, затем поступает в реактор разложения метанола, где образуются H₂, CO и CO₂. Реакция эндотермическая, поэтому реактор подогревается паром или горячим маслом, циркулирующим через печь. Реакционная смесь после реактора охлаждается, отделяется от конденсата и поступает в установку КЦА. Продувочные газы КЦА сжигаются в печи. Рекомендуется для производ-



Рис. 14. Секционный микрореактор прямоугольной формы для паровой конверсии метанола с встроенным электронагревом

ства водорода на установках малой производительности 100-1000 нм³/ч. На рис. 12 показана действующая установка производительностью 600 м³ водорода в час. Установка выполнена в виде модулей, которые могут перевозиться в стандартных контейнерах [11].

Исследования в области создания компактных установок для конверсии топлива малой производительности (топливных процессоров) стимулировали интерес к разработкам, выходящим за рамки традиционных химических технологий и позволяющим, прежде всего, существенно повысить удельную производительность реактора.

Большой интерес, в частности, представляют работы по созданию топливных процессоров на основе плазменных технологий. Существенную роль в развитии этих разработок сыграла недавно установленная возможность проведения реакций окисления углеводородов по плазмокаталитическому механизму, где активные частицы плазмы как бы выполняют функции катализатора (многokrратно участвуя в процессе),



Рис. 13. Демонстрационный компактный плазменный конвертор производительностью 7 м³/ч по синтез-газу



Параметры

Потребление природного газа (метана)	0,6 м ³ /ч
Производительность по синтез-газу, в том числе по водороду по окиси углерода	1,5 м ³ /ч 1 (33%) м ³ /ч 0,5 (16%) м ³ /ч
Удельная производительность по синтез-газу на единицу реакционного объема	45 м ³ /(ч•л)
Температура синтез-газа на выходе из риформера	(800-900) °С
Конверсия метана при ТСГ=850°С	95%
Время выхода на номинальный режим мощности	30 мин
Электрическая мощность, потребляемая на нагнетание воздуха в топливный процессор	120 Вт
Масса топливного процессора с блоком нагнетания воздуха	35 кг
Габаритные размеры топливного процессора	0,6 × 0,6 × 0,9 м

Рис. 15. Технические характеристики и конструкция топливного процессора парциального окисления метана микроканального типа

иницируя процесс конверсии в газовой фазе [12]. Основными качественными достоинствами плазменного метода конверсии углеводородов, помимо высокой удельной производительности, являются – независимость

работы конвертора от вида углеводорода (от метана до мазута, включая кислородсодержащую органику и различные виды биотоплив), компактность и экономичность, безынерционность, оперативная возможность

неограниченного количества циклов «пуск–останов». На рис. 13 показан разработанный компанией «НИК НЭП» совместно с РНЦ «Курчатовский институт» плазменный конвертор с производительностью 7 м³ синтез-газа в час [10]. Недостатком плазмохимических технологий является дополнительный расход электроэнергии (0,10-0,15 кВт•ч/м³ Н₂), однако, эти затраты не превышают 5% от энергоемкости получаемого водорода

Другим перспективным направлением исследований являются разработки микроканальных каталитических реакторов, активно использующие достижения микроэлектроники. Уникальные свойства микроканальных реакторов (малые размеры каналов, малое время контакта реакционной смеси с катализатором и высокие скорости тепломассопереноса) позволяют изготавливать компактные микроканальные реакторы, микросмесители и микротеплообменники. К основным достоинствам этих реакторов относятся:

- высокое отношение геометрической поверхности к объему (10000-50000 м²/м³), что многократно превосходит значение этого параметра (100-1000 м²/м³) для традиционных реакторов (конверторов, реакторов сдвига);

- отсутствие заметных градиентов концентраций реагентов по сечению канала;

- высокая скорость тепломассопереноса, что позволяет обеспечивать изотермичность процесса во всем реакторе.

Объединение микрореактора с топливным элементом позволяет создать компактные электрогенерирующие устройства, превышающие по своей удельной энергопроизводительности многие известные источники электроэнергии. На рис. 14 показан микроканальный реактор для процесса паровой конверсии метанола, разработанный в ИК СО РАН им. Г.К. Бореского [13]. На рис. 15 приведены технические характеристики и конструкция топливного процессора парциального окисления метана на основе микроканальных структур разработки компании «НИК НЭП» [10].

В заключение приведем результаты анализа водородной экономики,

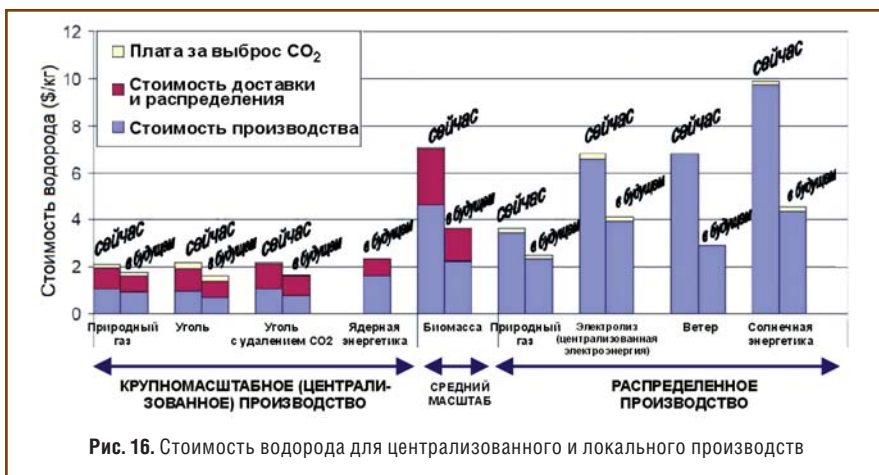


Рис. 16. Стоимость водорода для централизованного и локального производств

выполненного Департаментом энергетики США [14]. На рис. 16 представлена сравнительная стоимость производства водорода с использованием различных технологий для крупномасштабного (централизованного) и локального (распределенного) производства [15]. Целевые ориентиры стоимости водорода согласно Национальной программе (дорожной карте) по водородной энергетике США (National Hydrogen Energy Roadmap) определены как 2-3 долл. США/кг H₂ (1 кг водорода по энергосодержанию эквивалентен одному галлону бензина). Отметим, что минимальная стоимость достигается для централизованного крупномасштабного производства водорода при использовании газификации угля, причем это лидерство сохранится, по-видимому, и в будущем. Распределенное производство водорода, несмотря на более высокую стоимость, позволяет обеспечивать потребителей с использованием существующей инфраструктуры энергоснабжения. К таким потребителям относятся автотранспорт на водороде, когенерационные энергоустановки на базе топливных элементов для нужд ЖКХ, системы аварийного энергообеспечения и т. д.

Литература

1. **Кротов М.Ф., Коробцев С.В., Фатеев В.Н., Самсонов Р.О., Козлов С.И.** Производство водорода из органического сырья. – «Транспорт на альтернативном топливе», №3(9), 2009. – С. 73-79.
2. **Korobtsev S.V., Rusanov V.D., Kornilov G.S., Fateev V.N.** Russian concept of ecologically clean city transport, Proceedings of International Symposium "HYPOTHESIS III", St.Petersburg, July 5-8, 1999.
3. **Коробцев С.В., Фатеев В.Н.** «Водород – альтернативное топливо для автомобильных энергоустановок: получение и применение». Тезисы докладов II Международной конференции «Альтернативные источники энергии для больших городов». – Москва, 2006. – М.: Изд-во Прима-Пресс-М. – С. 21-22.
4. **Григорьев С.А., Порембский В.И., Фатеев В.Н., Самсонов Р.О., Козлов С.И.** Получение водорода электролизом воды: современное состояние, проблемы и перспективы. – «Транспорт на альтернативном топливе», № 3 (3), 2008. – С. 62-69.
5. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Справочн. изд.; под ред. Д.Ю. Гамбурга, Н.Ф. Дубровина. – М.: Химия, 1989.
6. «Производство и использование водорода. Технич.-инвестиционные показатели установок и перспективные направления развития на мировом рынке», отчет-справочник, ООО «Примахиммаш», С.-Петербург, 2006.
7. **Шиллинг Г.-Д., Бонн Б., Краус У.** Газификация угля. – Пер. с нем. и ред. С.Р. Исламова – М: Недра, 1986 – С. 175.
8. **Лысков А.И., Окунев А.Г., Трухан С.Н.** Одностадийный адсорбционно-каталитический способ получения водорода с низким содержанием СО из углеводородного сырья. II Международный симпозиум по водородной энергетике в МЭИ, сентябрь 2007 г.
9. **Joan M. Ogden,** REVIEW OF SMALL STATIONARY REFORMERS FOR HYDROGEN PRODUCTION, REPORT TO THE INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, March 9, 2001.
10. <http://www.nic-nep.ru/>.
11. <http://www.topsoe.com/site.nsf/all/BBNN-5PNH3X?OpenDocument>.
12. **Русанов В.Д., Бабаицкий А.И., Баранов Е.И., Демкин С.А., Животов В.К., Потапкин Б.В., Рязанцев Е.И., Этван К.** Эффект плазменного катализа на примере диссоциации метана на водород и углерод. Доклады Академии Наук, 1997, т. 354, № 2. С. 1-3.
13. **Макаршин Л.И., Пармон В.Н.** Микроканальные каталитические системы для водородной энергетики. Российский химический журнал, 2006, т. 1, № 6. – С. 19-25.
14. <http://www.doe.gov>.
15. The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barries, and R&D Needs.- 2004, THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, Washington, D.C., 240 p. www.nap.edu.

ВСЕ О НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗАХ И ПРОДУКТАХ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА — В ОДНОМ ЖУРНАЛЕ!
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
“ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ”
ИЗДАТЕЛЬ — УКРАИНСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ “УА-СИГМА”
ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН В ГОСКОМИТЕТЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ, ТЕЛЕ- И РАДИОВЕЩАНИЯ УКРАИНЫ — СВИДЕТЕЛЬСТВО КВ № 4943 ОТ 15.03.2001 Г. С 2005 Г. — ОФИЦИАЛЬНОЕ ИЗДАНИЕ ВАК УКРАИНЫ. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗДАНИЯ — 6 ВЫПУСКОВ В ГОД. ОБЪЕМ КАЖДОГО ВЫПУСКА — 72 СТР. ПУБЛИКУЕМЫЕ СТАТЬИ РЕФЕРИРУЮТСЯ В РАЗЛИЧНЫХ ЖУРНАЛАХ И БАЗАХ ДАННЫХ ВИНТИ РАН (Г. МОСКВА)
ЖУРНАЛ ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СОЗДАНИЕМ, ИЗГОТОВЛЕНИЕМ И ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ УСТАНОВОК, СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ (Гелия, водорода, оксида и диоксида углерода, сжиженного природного газа и др.), ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, А ТАКЖЕ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ И СТУДЕНТОВ

РУБРИКИ ЖУРНАЛА

- ПРОБЛЕМЫ КРИОГЕННОГО, КИСЛОРОДНОГО, КОМПРЕССОРНОГО И УГЛЕКИСЛОТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
- ПРОЦЕССЫ, ЦИКЛЫ, СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ И КРИОГЕННЫХ СИСТЕМ
- УСТАНОВКИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА, КОМПРИМИРОВАННОГО И СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА, ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И ДР. ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ
- ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ В СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
- ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ И ИХ СМЕСЕЙ. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМАХ
- ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ
- ПРАКТИКА, НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

Приглашаем к сотрудничеству производителей, учёных, аспирантов и докторантов

Для оформления подписки и размещения рекламы нужно связаться с редакцией журнала по телефону или e-mail.
Адрес редакции: а/я 271, г. Одесса-26, Украина, 65026
Тел./факс: +380 (48) 777-00-87; e-mail: uasigma@paco.net; <http://www.uasigma.odessa.ua>

Технико-экономические аспекты внутрихозяйственного производства биодизельного топлива второго поколения из биомассы

Г.С. Савельев,

зав. лабораторией ГНУ ВНИИ механизации сельского хозяйства (ВИМ), к.т.н.,

Е.Т. Кауров,

инженер ГНУ ВНИИ механизации сельского хозяйства (ВИМ)

Рассмотрены технологические схемы производства биотоплива второго поколения из непищевого сырья. Особый интерес представляет синтетическое жидкое топливо, получаемое каталитическим синтезом из синтез-газа, который производится при газификации биомассы. Исходя из ценовых и теплотехнических характеристик сырья определена коммерческая эффективность производства синтетического биотоплива на установке с годовой производительностью 1500 т.

Ключевые слова: биотопливо второго поколения, газификация, синтез-газ, газогенераторный газ, пиролиз, синтетическое жидкое топливо.

Technical and economic aspects of intraeconomic production of second-generation biodiesel fuel from biomass

G.S. Saveliev, E.T. Kaurov

The technological scheme of second-generation biofuels from nonfood raw materials is considered. Particular interest obtained a synthetic liquid fuel by catalytic synthesis from synthesis gas, which is produced from gasification of biomass. On the basis of price and the thermal characteristics of materials the efficiency of commercial production of synthetic biofuels is determined for installation with an annual output of 1,500 tons.

Keywords: second-generation biofuel, gasification, synthesis gas, gas-generating gas, pyrolysis, synthetic liquid fuels.

Снижение затрат на моторные топлива, доля которых в себестоимости сельскохозяйственной продукции уже превышает 30%, является одной из самых актуальных задач. Наиболее оптимальным решением является применение альтернативных моторных топлив, цена которых может быть значительно ниже нефтяных топлив. В настоящее время наиболее

реальной альтернативой нефтяным моторным топливам являются газомоторное топливо (ГМТ), биотопливо на основе растительных масел, спиртов и жидкое синтетическое топливо из биомассы.

В настоящее время лидером производства и использования биотоплива из растительных масел является Евросоюз (ЕС). В 2008 г. биодизелем в

ЕС было замещено более 2% объема потребления дизельного моторного топлива. Директивными документами ЕС предусмотрено производство 23 млн. т биотоплива в 2010 г. (5,75% потребляемых моторных топлив) и в 2020 г. – 34 млн. т (8%). Высокие темпы роста производства биотоплива в ЕС обусловлены следующими причинами:

- высокими (в два раза выше российских) ценами на нефтяное моторное топливо;
- стремлением обеспечить энергетическую безопасность;
- диверсификацией сельского хозяйства;
- высоким цетановым числом у биодизеля из рапса;
- значительными льготами производителям и потребителям биотоплива;
- экологическими факторами, включающими снижение выбросов CO, HC, твердых частиц на 43-56 % (в частности, благодаря незначительному содержанию серы в пределах 10-15 ppm и отсутствию ароматических соединений выбросы не содержат оксидов серы и полициклических ароматических углеводородов, при попадании биотоплива в почву происходит его быстрое разложение).

В ЕС 80% биодизеля изготавливается из рапсового масла, поэтому интенсивный рост производства биодизеля в определенной степени способствовал росту цен на рапсовое и другие масла (в два раза за последние два года).

В настоящее время возрастает интерес к технологиям производства биотоплива второго поколения (БДТ-2) из различных видов биомассы, в том числе из отходов непищевого сырья. К ним относятся древесина и отходы ее переработки, торф, солома, отходы животноводства и коммунального хозяйства, а также сырье, получаемое на плантациях быстрорастущих растений.

В соответствии с Национальным стандартом ГОСТ Р 52808-2007 «Энергетика биоотходов. Термины и определения» [1], введенным в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2007 г. №424, к отходам относятся остатки

продуктов или дополнительные продукты, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью. Отходы образуются при производстве и потреблении продукции.

К биомассе относятся все виды веществ растительного и животного происхождения, продукты жизнедеятельности организмов и органические отходы, образующиеся в процессе производства, потребления продукции и на этапах технологического цикла. Биотопливо – это твердое, жидкое и газообразное топливо, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом.

Россия обладает огромными сырьевыми запасами биомассы для производства БДТ-2 в виде сельскохозяйственных и лесных ресурсов. Отходы лесо- и деревообработки составляют 700 млн. т в год, твердые бытовые отходы городов – 60 млн. т. По данным Н.Т. Сорокина [2] в АПК ежегодно генерируется 773 млн. т отходов, при переработке которых можно получать около 66 млрд. м³ биогаза и около 112 млн. т удобрений.

По энергетическим показателям ресурсы ежегодно возобновляемой растительной биомассы в 25 раз превышают ресурсы мировой добычи нефти. В настоящее время энергия, получаемая при сжигании растительной биомассы, составляет около 10% от потребляемых энергоресурсов (примерно 1 млрд. т у.т.) [3]. В ближайшей перспективе неизбежно существенное расширение использования биомассы в виде продуктов ее переработки (жидких, твердых топлив и др.), и в первую очередь отходов, которые скапливаются и разлагаются, загрязняя окружающую среду.

Биомасса перерабатывается в топливные и химические продукты различными методами: пиролизом, гидролизом, газификацией, гидрогенизацией.

При пиролизе из 1 т отходов в виде щепы получается 280 кг угля, 200 кг смолы пиролиза и около 200 кг газообразного топлива, которое используется для поддержания процесса пиролиза. Смола пиролиза применяется как котельное топливо или подвер-

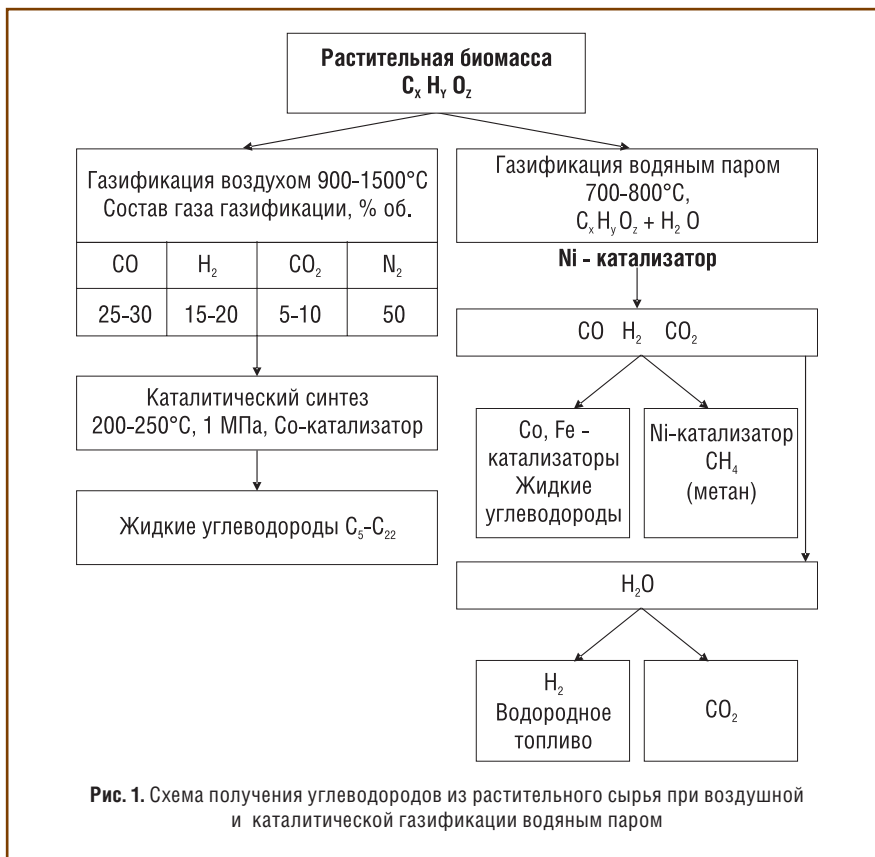


Рис. 1. Схема получения углеводородов из растительного сырья при воздушной и каталитической газификации водяным паром

гается гидрооблагораживанию под давлением водорода для получения бензина и дизельного топлива.

Одним из методов получения жидких моторных топлив является термическое растворение древесины в нефтяных фракциях при 380-450°C под давлением 10 МПа. В США уже имеется экспериментальная установка, где из 1 т древесной щепы получается 300 кг топлива типа сырой нефти. Процесс ведется при давлении 28 МПа и температуре 350-375°C. В качестве катализатора применяется карбонат натрия.

В ряде стран (Италия, ФРГ, Аргентина и др.) созданы специальные энергетические плантации быстрорастущих пород древесины на землях, не пригодных для сельского хозяйства. Например, плантации ивы на заболоченных землях дают 25 т древесины с 1 га в год или 15 т в виде сухого древесного топлива. Сбор древесины осущест-

вляется через два года специальными комбайнами в зимнее время года, когда заболоченная земля замерзает.

Разработан новый процесс синтеза нормальных парафинов и изопарафинов, а также олефинов из растительной биомассы. Биомасса газификацией воздухом превращается в генераторный газ, содержащий оксид углерода и водород. В газе содержится около 50% азота, поэтому синтез из такого газа компонентов моторных топлив состава C₅-C₂₂ является принципиально новым. Ранее во всех технологических процессах синтеза углеводородов применялся газ, состоящий только из CO и H₂.

Парафиновые углеводороды неразветвленного строения являются хорошими компонентами дизельных топлив. Для производства высокоцетановых моторных топлив желательное смешение фракций синтетических парафинов с цетановым числом

Таблица 1

Состав газов при газификации различного сырья

Сырье	CO	H ₂	CO ₂	O ₂	N ₂
Древесная щепка	28,1	15,4	6,8	0,5	46,3
Солома	15,4	14,8	13,2	0,2	53,0
Бурый уголь	25,5	14,0	6,2	0,2	51,7

Таблица 2

Состав газов, об. %			
CO	H ₂	CO ₂	N ₂
30	15	5	50
15	20	15	50
28	15	7	45

77-90, полученных по методу Фишера – Тропша, с дизельными фракциями нефти или продуктов гидрогенизации угля, которые имеют цетановое число 40-50.

Жидкие олефиновые углеводороды, которые получают при синтезе, помимо топливного назначения, могут найти применение для производства синтетических моющих средств. Из фракции углеводородов C₂-C₂₂, полученной из биомассы, в процессе пиролиза на ванадиевом катализаторе могут быть получены этилен, пропилен и бутилены [3].

В промышленности синтез-газ для процесса Фишера – Тропша получают каталитической конверсией метана с водяным паром при высоких температурах (рис. 1). Газификация биомассы с водяным паром несколько сложнее, чем газификация с применением воздуха.

Газификация воздухом (при неполном сгорании) – известный технологический процесс переработки твердого органического сырья: биомассы, торфа, бурого угля. Газогенераторные установки, где в качестве топлива применяли древесину, отходы хлопка, кукурузы и др., а также уголь, ранее ши-

роко использовались. В 40-х и 50-х гг. прошлого века имелось более 200 тыс. различных стационарных и передвижных машин. В 1980-1990 гг. газогенераторную технику использовали только в Канаде и США на лесозаготовках.

Газы газификации воздухом в зависимости от исходного сырья имеют состав (об. %), приведенный в табл. 1.

В лабораторных опытах [3] в качестве аналогов генераторного газа газификации биомассы использовались смеси газов, представленные в табл. 2, которые близки по составу генераторному газу из сырья (табл. 1).

Опыты по синтезу углеводородов по методу Фишера – Тропша проводились при давлениях 0,1 и 1 МПа, температурах от 180 до 230°C. Применялся промышленный катализатор, содержащий кобальт, и катализатор, который готовили смешением основного карбоната кобальта с носителем.

По результатам опытов, проведенных при атмосферном давлении и разном составе взятого для опыта газа, выход углеводородов не превышал 31 г/м³. При увеличении давления с 0,1 до 1,0 МПа в присутствии кобальт-содержащего катализатора выход жидких углеводородов (>C₅) достигал

52 г/м³. При газификации отходов древесины 20%-ной влажности выход газа составлял 2,6-3 м³/кг. При выходе газа 2,6 м³/кг и синтезе углеводородов 52 г/м³ из 1 т отходов можно получить от 80 до 135 кг жидкого моторного топлива соответственно для давлений 0,1 и 1,0 МПа. С учетом возможных потерь можно принять, что для получения 1 т жидкого моторного топлива необходимо 8-10 т растительного сырья при газификации его воздухом.

На рис. 2 приведена типичная хроматограмма получаемой углеводородной смеси. Полученная углеводородная смесь содержит бензиновую фракцию и дизельную фракцию C₅-C₁₈.

Таким образом, лабораторные опыты подтверждают гипотезу, что из газов газификации растительного сырья воздухом можно получить компоненты жидкого топлива, бензиновые и дизельные фракции, при содержании в газах синтеза до 50% азота.

В результате проведения синтеза жидких углеводородов из газов каталитической газификации биомассы с водяным паром выход жидких углеводородов из 1 м³ газа (состав, об. %: CO – 33, CO₂ – 33, H₂ – 33) достигает 114-117 г/м³. Общий выход (с учетом газообразных продуктов) достигает 170-190 г/м³ аналогично процессу Фишера – Тропша из CO и H₂. Газ каталитической газификации биомассы с водяным паром содержит до 20-30% CO₂, который, как полагают авторы [3], также частично входит в реакцию.

Одной из главных проблем промышленного производства синтетического дизельного топлива второго поколения из биомассы (БДТ-2п) является создание газогенератора высокой производительности. Фирма «Choren Industries GmbH» (Германия) освоила промышленное производство (БДТ-2п) при использовании разработанной технологии Carbo-V®-Verfahren [2]. Технология (рис. 3) включает трехступенчатую газификацию древесины:

- низкотемпературная газификация биомассы, содержащей не более 15-20% воды при температурах 400-500°C;
- высокотемпературная газификация;
- эндотермическая газификация в воздушном потоке.

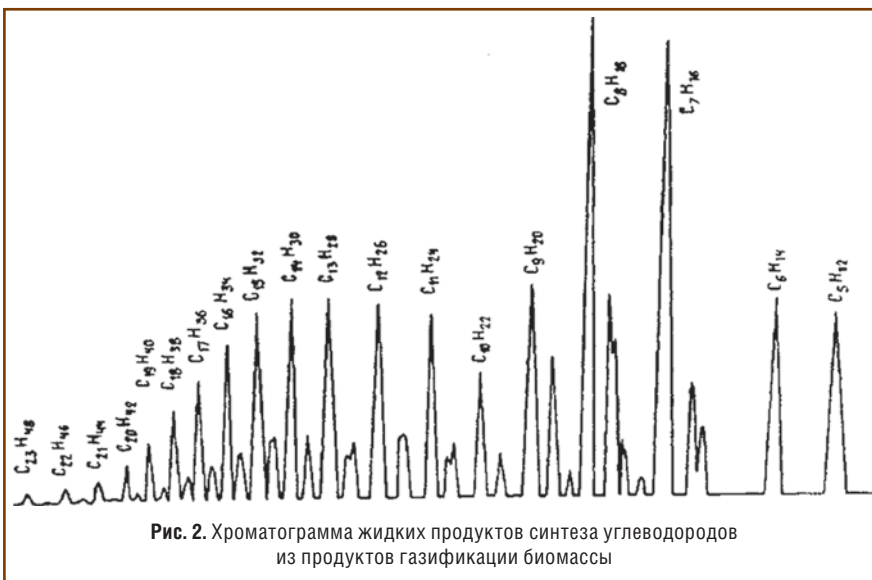
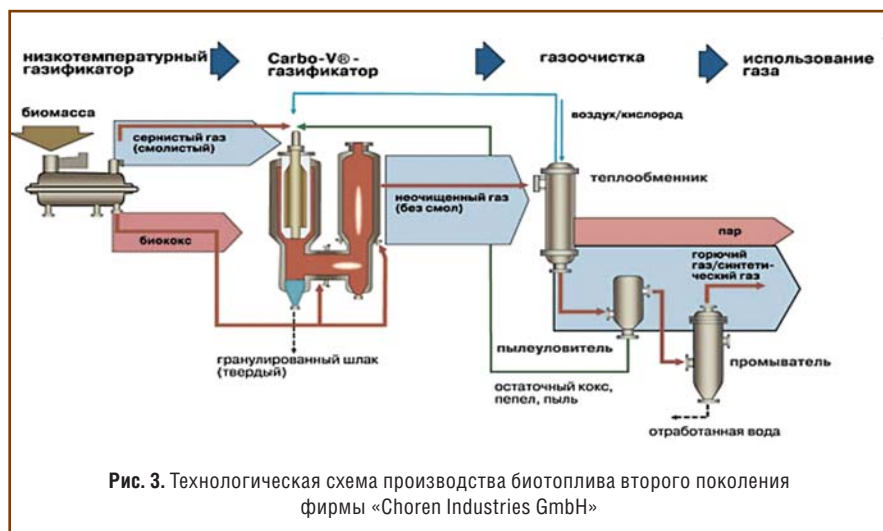


Рис. 2. Хроматограмма жидких продуктов синтеза углеводородов из продуктов газификации биомассы



В целях сокращения транспортных расходов по доставке сырья целесообразно создание транспортабельных, с использованием системы ВИМЛИФТ, установок для производства БДТ-2п, у которых оборудование монтируется в 2-3 бункера ВИМЛИФТ и транспортируется к сырью.

Совместно с фирмой ООО «ТРИВИМ Лтд» определена стоимость транспортабельной установки с годовой производительностью 1500 т БДТ-2п.

В нашем институте проведены исследования по определению коммерческой эффективности внутрихозяйственного производства синтетического биодизельного топлива БДТ-2п на транспортабельной установке производительностью 1500 т биомоторного топлива в год стоимостью 40 млн. руб. На основе анализа энергетических и ценовых показателей различного сырья для расчетов выбраны два вида сырья: торф и дрова. Результаты ис-

следований коммерческой эффективности производства БДТ-2п приведены на рис. 4, в табл. 3.

В настоящее время оба вида сырья имеют определенный ценовой диапазон, поэтому расчеты были проведены для соответствующих диапазонов стоимости сырья, необходимого для производства 1 кг БДТ-2п. При использовании в качестве сырья дров, цена которых в зависимости от региона и уровня механизации заготовок колеблется от 0,5 до 1 руб./кг, стоимость сырья для производства 1 кг БДТ-2п будет находиться в диапазоне 3,5-7 руб. У торфа кускового, цена которого имеет более широкий диапазон 0,4-1,5 руб./кг, стоимость сырья для производства 1 кг БДТ-2п будет равна 2,4-9 руб.

Представленные на рис. 4 и в табл. 3 данные свидетельствуют о возможности организации высокопроизводительного производства биодизельного моторного топлива второго поколения из непищевого сырья.

Срок окупаемости капитальных вложений при всех вариантах цен на сырье менее установленного норматива (6 лет). Годовой дисконтированный доход находится в пределах 4,6-11,4 млн. руб. в зависимости от стоимости сырья.

Себестоимость БДТ-2п при внутрихозяйственном производстве находится в пределах 10,6-17,3 руб./кг в зависимости от цены сырья.

В дальнейших исследованиях необходимо будет проработать вопросы снижения стоимости сырья за счет механизации работ по его производству и подготовки к использованию в технологическом процессе. Особого внимания заслуживает вариант получения сырья из быстрорастущих растений (ивы) на заболоченных землях при механизированной уборке в зимний период.

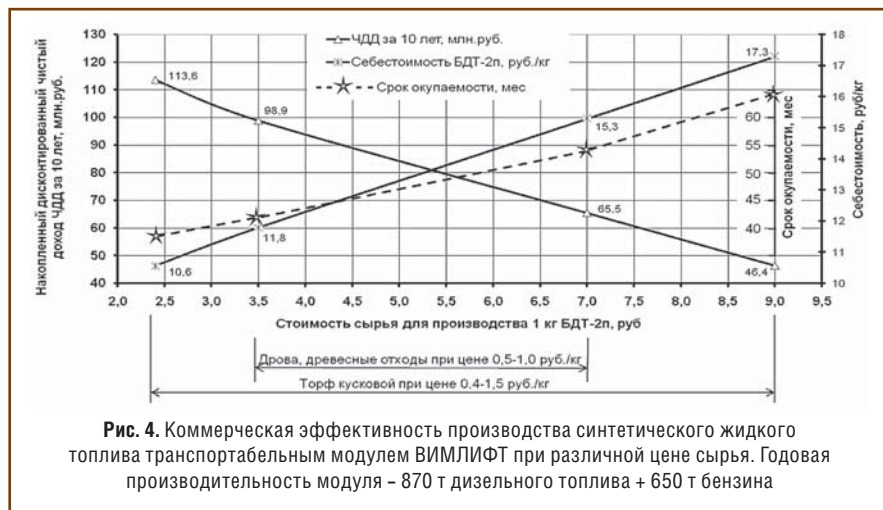


Таблица 3

Коммерческая эффективность производства БДТ-2п на транспортабельной установке производительностью 1500 т БДТ-2п в год, стоимостью 40 млн. руб.

Показатели	Торф	Дрова
Цена сырья, руб./кг	0,4	1,5
Эффективность конверсии сырья в БДТ-2п	6	7
Стоимость сырья для производства 1 кг БДТ-2п, руб.	2,4	9,0
Себестоимость БДТ-2п, руб./кг	10,6	17,3
Чистый дисконтированный доход за 10 лет, млн. руб.	113,6	46,4
Дисконтированный срок окупаемости, мес.	39	64

Литература

- ГОСТ Р 52808–2007. «Энергетика биотоплив. Термины и определения».
- Сорокин Н.Т. Проблемы развития биоэнергетики в АПК России. Международный конгресс «Биоэтанол–2009». – Москва, 15-16.03.2009 г.
- Паушкин Я.М., Головин Г.С., Липидус А.Л., Крылова А.Ю., Горлов Е.Г., Ковач В.С. Получение моторных топлив из газов газификации растительной биомассы <http://promeco.h1.ru/stati/15.shtml>
- WWW.CHOREN.com

Авторы статей в журнале № 6 (12) 2009 г.

Ким Анатолий Афанасьевич,

начальник управления отраслевых программ
ОАО «Газэнергосеть»,
р. т. 984-67-76, м. т. 8 915 800-26-60,
e-mail: kim@gazprompeg.ru

Пронин Евгений Николаевич,

зам. начальника управления ОАО «Газпром»,
р. т. 719-14-81, e-mail: E.Pronin@adm.gazprom.ru

Маленкина Ирина Федоровна,

начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
р. т. 355-97-58, м. т. 8 916 593-94-78

Бурцев Владимир Александрович,

главный конструктор ООО «Газомотор-Р»
Россия, г. Рыбинск Ярославской обл.
Адрес: Россия, 152919, г. Рыбинск,
Ярославской области, ул. Волочаевская, 11-9.
Тел./факс: +7 (4855) 55-17-62; e-mail: v_burtsev@mail.ru

Бурцев Никита Владимирович,

аспирант кафедры вычислительных систем
Рыбинской Государственной Авиационной
Технологической Академии (РГАТА) имени
П.А. Соловьева.
Адрес: Россия, 152903, г. Рыбинск, Ярославской
области, ул. Крестовая 122-21.
Тел.: +7 (910) 664-94-68; e-mail: n.burtsev@mail.ru

Шихов Владимир Александрович,

начальник технического отдела ООО «Рекар», к.т.н.,
доцент Самарского государственного
аэрокосмического университета им. С.П. Королева.
Адрес: Россия, Самарская область, г. Тольятти,
ул. С. Разина, д.58, кв. 43, тел. дом. (8482) 35-29-07,
моб. 9277847157, e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Бумагин Геннадий Иванович,

зав. кафедрой Омского государственного
технического университета (ОМГТУ), д.т.н.

Адрес: Россия, 644050, Омск, проспект Мира,
11, ОМГТУ, кафедра техники и физики низких
температур, р. тел. (3812) 65-07-93

Лапкова Анна Геннадьевна,

ассистент кафедры ОМГТУ, р. тел. (3812) 65-07-93

Марков Владимир Анатольевич,

профессор Московского государственного
технического университета им. Н.Э. Баумана
(МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н.,
Адрес: Россия, 121357, Москва, ул. Артамонова, 12,
кор. 1. кв. 67. Тел. моб. 8 917 584-49-54.

Патрахальцев Николай Николаевич,

профессор Российского университета дружбы
народов (РУДН), д.т.н.,
Адрес: Россия, 129010, ул. Большая Спасская, 6, кв.
130. р. т. 952-62-47, м. т. 8 916 203-10-13.

Иванов Андрей Николаевич,

генеральный директор ООО «ФЛИТ КАРДС»,
Группа компаний «СИТИНЕТ»,
р. т. 380-07-97, м. т. 8 903 547-37-25

Колосов Валерий Алексеевич,

директор производства клапанов и узлов учета
ОАО «Промприбор»,
м. т. +79103066210, e-mail: uzel@prompribor.ru

Барabanov Андрей Александрович,

директор производства оборудования для СУГ
ОАО «Промприбор»,
т. +79103006109, e-mail: a.barabanov@prompribor.ru

Титов Валерий Николаевич,

генеральный директор ООО «ВИП Газ Тех»,
м. т. 8 916 163-01-76, р. т. (499) 265-78-92

Кавтарадзе Зураб Ревазович,

научный сотрудник НИИЭМ МГТУ
им. Н.Э. Баумана, к.т.н.,
р. т. (499) 265-78-92

Кавтарадзе Реваз Зурабович,

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
м. т. 8 910 469-00-12, р. т. (499) 265-78-92

Кротов Михаил Федорович,

начальник лаборатории Института водородной
энергетики и плазменных технологий РНЦ
«Курчатовский институт», к.ф.м.н.,
тел. (499) 196-93-48, e-mail: mkrotov@rambler.ru

Коробцев Сергей Владимирович,

директор Института водородной энергетики и
плазменных технологий РНЦ «Курчатовский
институт», к.ф.м.н.,
тел. (499) 196-94-39,
e-mail: s.korobtsev@hepti.kiae.ru,

Фатеев Владимир Степанович,

заместитель директора РНЦ
«Курчатовский институт», профессор, д.х.н.,
тел. (499) 196-94-29, e-mail: fat@hepti.kiae.ru

Самсонов Роман Олегович,

генеральный директор
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.,
тел. (495) 355-92-06, e-mail: vniigaz@vniigaz.ru

Козлов Сергей Иванович,

заместитель генерального директора
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.,
тел. (495) 719-61-95,
e-mail: S_Kozlov@vniigaz.gazprom.ru

Савельев Геннадий Степанович,

зав. лабораторией ГНУ ВНИИ механизации
сельского хозяйства (ВИМ), к.т.н.,
р. т. 174-87-63, м. т. 8 916 619-47-154

Кауров Евгений Трифонович,

инженер ГНУ ВНИИ механизации сельского
хозяйства (ВИМ),
р. т. 174-87-63, м. т. 8 916 619-30-71

Contributors to journal issue No. 6 (12) 2009

Kim Anatoliy,

Head of the Industry Programs Department, Gas &
Energy Net, Open Joint Stock Company,
8 915 800-26-60, e-mail: kim@gazprompeg.ru

Pronin Evgeny,

Deputy Head of Directorate, JSC Gazprom,
office phone: 719-14-81,
e-mail: E.Pronin@adm.gazprom.ru

Malenkina Irina,

Head of the laboratory of LLC Gazprom VNIIGAZ,
office phone: 355-97-58,
mobile phone: 8 916 593-94-78

Burtsev Vladimir,

Chief Designer of OOO Gazomotor-R,
tel./fax: +7 (4855) 55-17-62, e-mail: v_burtsev@mail.ru

Burtsev Nikita,

Postgraduate of the Computer systems chair of P.A.
Soloviev's Rybinsk State Aviation Technology Academy
(RGATA), tel.: +7 (910) 664-94-68,
e-mail: n.burtsev@mail.ru

Shishkov Vladimir,

of department of Limited Liability Company «Recar»,
candidate of technical science, the senior lecturer of
Korolev S.P. Samara State Space University.
The Russian Federation, Samara region, Tolyatti,
S. Razina street, 58-43, tel. +7(8484) 35-29-07,
+79277847157, e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Bumagin Gennady,

Head of the Chair of Omsk State Technical University
(OMGTU), Doctor of Engineering, office phone: (3812)

65-07-93, Russia, 644050, Omsk, prospect Mira, 11,
OMGTU, chair of cryogenic engineering
and cryophysics

Lapkova Anna,

Assistant of OMGTU Chair,
office phone: (3812) 65-07-93

Markov Vladimir,

D. Sc. (Eng.), professor of «Heat Physics» department
of the Bauman Moscow State Technical University,
8 917 584-49-54

Patrakhal'tsev Nikolay,

D. Sc. (Eng.), professor of «Heat engineering and
heat engines» department of the Russian Peoples'
Friendship University, Moscow, 8 916 203-10-13

Ivanov Andrew,

Chief Executive Officer «FLEET CARDS» Ltd.,
Member of CityNet Group, 8 903 547-37-25

Kolosov Valeriy,

Director of valve and account unit production JSC
«Prompribor»,
t. +79103066210, e-mail: uzel@prompribor.ru

Barabanov Andrey,

Director of LPG equipment production
JSC «Prompribor», t. +79103006109,
Orlovskaya region, Mira street, 40 «Prompribor»,
e-mail: a.barabanov@prompribor.ru

Titov Valeriy,

General Director of VIP Gas Tech Ltd.,
8 916 163-01-76

Kavtaradze Zurab,

Research fellow of NIEM of N.E. Bauman's MGTU,
Candidate of Science, office phone: (499) 265-78-92

Kavtaradze Revaz,

Professor of N.E. Bauman's MGTU, Doctor of
Engineering, mobile phone: 8 910 469-00-12,
office phone: (499) 265-78-92

Krotov Michail,

Hydrogen Energy & Plasma Technology Institute of RRC
"Kurchatov Institute", Head of laboratory, tel. 499 196
93 48, e-mail: mkrotov@rambler.ru

Korobtsev Sergey,

Hydrogen Energy & Plasma Technology Institute of
RRC "Kurchatov Institute", Director, tel. 499 196 94 39,
e-mail: s.korobtsev@hepti.kiae.ru

Fateev Vladimir,

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

Samsonov Roman,

«Gasprom VNIIGAZ», Director,
tel. 495 355 9206, e-mail: vniigaz@vniigaz.ru

Kozlov Sergey,

«Gasprom VNIIGAZ», Deputy Director,
tel. 495 719 61 95, e-mail: S_Kozlov@vniigaz.gazprom.ru

Saveliev Gennady,

Head of the Laboratory of GNU VNII of Agricultural
Mechanization (VIM), Candidate of Science, office
phone: 174-87-63, mobile phone: 8 916 69-47-154

Kaurov Evgeny,

engineer of GNU VNII of Agricultural Mechanization
(VIM), office phone: 174-87-63,
mobile phone: 8 916 619-30-71

Подписка – 2010

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 115304, Москва, ул. Луганская, д. 11.
Тел.: 321-50-44, 363-94-17, e-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru, transport.er@oeg.gazprom.ru • www.ngvrus.ru

Уважаемые читатели!
Начинается подписка на 2010 г.

Расценки на подписку на 2009 г. (с учетом почтовых расходов)	Годовая, 6 номеров	Полугодовая, 3 номера
Россия	2970 руб. (2700 руб. + 10% НДС)	1485 руб. (1350 + 10% НДС)
Страны СНГ: Азербайджан, Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Украина	2970 руб. (120 долл. США или 80 евро)	1485 руб. (60 долл. США или 40 евро)
Страны Европы	170 евро	100 евро
Австралия и Океания, Азия, Африка, Северная и Южная Америка	230 долл. США	155 долл. США

Отдельные экземпляры журнала – **(450 руб. + 10% НДС = 495 руб.)** можно приобрести в редакции.
Электронная версия журнала за 2010 г. (формат PDF, 6 номеров):
– для РФ и стран СНГ – **1500 руб., включая НДС 18%**.
– для стран Европы, Азии, Америки, Австралии, Океании – **100 долл. США**.

Годовую подписку на 2010 г. (шесть номеров) можно оформить по факсу, электронной почте или непосредственно в редакции; также через агентства «Роспечать» (подписной индекс **72149**), «Межрегиональное агентство подписки» (Каталог Российская пресса–Почта России, подписной индекс **12718**).

Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210×290 мм)	17 тыс. + 18% НДС	820	575
1+1 (разворот, 420×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
½ страницы (210×145 мм)	10 тыс. + 18% НДС	480	330
¼ страницы (105×145 мм)	6 тыс. + 18% НДС	290	200
На обложке			
1-я страница (210×150 мм)	17 тыс. + 18% НДС	820	575
2-я или 3-я страницы (210×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
4-я страница (210×290 мм)	40 тыс. + 18% НДС	1925	1330

Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы qxd, ai, eps, tiff, cdr.
Носители: CD, DVD, Zip 250.
Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.
Макет должен быть представлен также в распечатанном виде.

