



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 1 (31) 2013

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



ГРУППА КОМПАНИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
ОБОРУДОВАНИЯ АЗС, АГЗС И НЕФТЕБАЗ

ОАО  ПРОМПРИБОР

www.prompribor.ru

**ОБЪЕДИНЯЯ ДОСТОИНСТВА -
К СОВЕРШЕННОМУ КАЧЕСТВУ!**

Россия, Орловская обл., г. Ливны, ул. Мира, 40

Т. +7(48677) 322-46, 315-07

E-mail: sales@prompribor.ru

Интеграция электротранспорта в интеллектуальные сети будущего
Мировой автопарк гибридных автомобилей
Топливные рынки СПГ и КПГ

**Международный научно-технический журнал
«Транспорт на альтернативном топливе»
№ 1 (31) / 2013 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
П.Г. Цыбульский
генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Члены редакционной коллегии
Б.В. Будзуляк
председатель Комиссии по использованию при-
родного и сжиженного нефтяного газа в качестве
моторного топлива, д.т.н.

В.И. Ерохов
профессор «МАМИ», д.т.н.

Н.Е. Игнатъева
заместитель главного редактора

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

Т.В. Климова
начальник отдела по связям с общественностью и
СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

С.И. Козлов
главный научный сотрудник
Центра по использованию газа
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

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

А.В. Николаенко
ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

Ю.В. Панов
профессор МАДИ, к.т.н.

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

Е.Н. Пронин
исполнительный директор НГА

В.Л. Стативко
вице-президент НГА, к.т.н.

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

Редактор
О.А. Ершова

Отдел подписки и распространения
В.А. Ионова

Компьютерная верстка
Ф.А. Игнащенко

Адрес редакции:
115304, Москва, ул. Луганская, д. 11, оф. 304.
Тел./факс: (495) 321-50-44, 321-62-81.
E-mail: transport.1@ngvrus.ru
www.ngvrus.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Принт-Лидер»,
117186, Москва, ул. Нагорная, д. 15, корп. 8
Номер заказа
Сдано на верстку 25.12.2012 г.
Подписано в печать 25.01.2013 г.
Формат 60х90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.
Печать офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал
«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,
опубликованной в рекламных материалах.

На обложке:
реклама ОАО «Промприбор»

В НОМЕРЕ:

Алексей Миллер провел заседание XXVII Президиума ЕДК.....	3
Белоруссия: перспективы использования газа на транспорте	3
Мировой рынок КПГ (декабрь 2012 г.)	4
Газомоторная дочка Газпрома.....	6
В Совете директоров ОАО «Газпром»	6
Производство СПГ на Ямале.....	6
Организация производства АГНКС в России.....	7
В.С. Янченко, В.Ю. Рубис Применение судовых паротурбинных установок с газообразным топливом и моделирование их теоретического цикла	8
В.И. Карагулов Реконденсация паров СПГ на речном транспорте.....	11
И.К. Александров Адаптивная электромеханическая трансмиссия	14
В.А. Раков Исследование автопарка гибридных автомобилей.....	18
Д.Ю. Цыпулев Электротранспорт и его интеграция в интеллектуальные сети будущего	24
Развитие зарядной инфраструктуры для электротранспорта.....	29
Новости из-за рубежа.....	31
А.А. Барабанов Промышленные налив и слив сжиженных газов	32
Развитие топливных рынков СПГ и КПГ	40
А.А. Ким Проекты ОАО «Газпром газэнергосеть», реализуемые в рамках Программы газификации регионов РФ.....	46
В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина Организация транспортно-складских и заправочных операций со смесевыми моторными топливами на основе рапсового масла	49
Вальехо Мальдонадо П.Р., С.В. Гусаков, С.Н. Девянин, В.А. Марков, Е.Г. Пономарев Исследование периода задержки воспламенения биотоплив	55
В.А. Лиханов, А.С. Полевщиков Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе на этаноле.....	62
В.А. Шишков Энергия вынужденных колебаний давления газового топлива в рампе форсунок двигателя с искровым зажиганием.....	66
М.А. Цуладзе «Автокомплекс–2012»: нацеленность на перспективу	71
Аннотации на английском языке	73
Авторы статей в журнале № 1 (31) 2013 г.	75
Перечень статей, опубликованных в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» в 2012 г.	77

'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 1 (31) 2013
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)

Published: 6 issues a year

Editor-in-Chief

Tsybulsky, P.G.

Director General of Gazprom VNIIGAZ, PhD

Editorial board members

Budzulyak, B.V.

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

Erokhov, V.I.

MAMI Professor, Doctor of Engineering

Ignat'eva, N.E.

Deputy Editor-in-Chief

Kavtaradze, R.Z.

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

Klimova, T.V.

acting Head of Public and Mass Media Relations Service of Gazprom VNIIGAZ

Kozlov, S.I.

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

Markov, V.A.

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

Nikolaenko, A.V.

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

Panov, Yu.V.

Professor of MADI (GTU), Candidate of Science

Patrakhaltsev, N.N.

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

Pronin, E.N.

Executive Director, NGVRUS

Stativko, V.L.

vice-president, NGVRUS, Candidate of Science

Fateev, V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

Editor

Ershova, O.A.

Subscription and Distribution

Department

Ionova, V.A.

Editorial office address:

304 - 11, Luganskaya str., 115304, Moscow

Tel/fax: (495) 321-50-44, 321-62-81

E-mail: transport.1@ngvrus.ru,

www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 25.12.2012

Endorsed to be printed on 25.01.2013

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

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

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

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

CONTENTS

Viktor Yanchenko, Vladimir Rubis

The use of the ship's steam power plants with gaseous fuels and modeling of their theoretical cycle8

Vladimir Karagusov

Recondensation LNG Vapor IN River Transport 11

Igor Alexandrov

Adaptive Electromechanical Transmission 14

Vjacheslav Rakov

Development of Hybrid Vehicle Fleet 18

Denis Tsypulev

Influence of Electric Vehicle Charging on Power Systems and its Integration into Smart Grid of Future 24

Andrey Barabanov

Industrial loading and unloading of liquefied gases is a reasonable approach..... 32

Anatoly Kim

Projects of OJSC «Gazprom Gazenergoset» implemented of the Gasification's Program of the Russian Federation's regions46

Vsevolod Kovalencko, Elena Ulyukina

Organization of Transport-Storage and Refuelling Operations with Mixed Motor Fuels on the Basis of Rapeseed Oil..... 49

Vallejo Maldonado P.R., Sergey Gusakov,

Sergey Devyanin, Vladimir Markov, Eugeny Ponomaryev
Research on Biofuels Ignition Delay..... 55

Vitaly Likhanov, Alexander Polevshchikov

Features of the Development of Fuel Torches in Cylinder of Diesel Engine when Running on Ethanol 62

Vladimir Shishkov

Energy of the Compelled Fluctuations of Pressure of Gas Fuel in Rail Injection at Work of the Engine with Spark Ignition 66

Abstracts of articles 73

Contributors to journal issue No. 1 (31) 2013..... 80



Алексей Миллер провел заседание XXVII Президиума ЕДК

06.12.2012 г. в Берлине под руководством председателя правления ОАО «Газпром», президента Европейского делового конгресса (ЕДК) Алексея Миллера состоялось XXVII заседание Президиума ЕДК.

В соответствии с повесткой дня участники заседания заслушали доклады председателей рабочих комитетов, а также обсудили широкий круг вопросов по развитию деятельности ЕДК. В частности, была дана положительная оценка реализации проекта «Голубой коридор» по переходу на газомоторное топливо в транспортных системах стран ОБСЕ, включая развитие сети газозаправочных станций в европейских странах. Была отмечена необходимость расширения совместной деятельности по развитию газомоторного рынка и формированию общеевропейской газомоторной инфраструктуры.

Президиум принял бюджет Конгресса на 2013 г. и выбрал центральную тему следующего Общего собрания ЕДК, которое будет посвящено «Развитию СПГ и его влиянию на европейские рынки газа» и которое состоится 30-31 мая 2013 г. в Амстердаме.

На заседании был рассмотрен вопрос об изменениях в составе Президиума ЕДК. В качестве новых членов Президиума ЕДК были избраны президент Shlumberger Гекхан Сайга, президент по Восточной и Центральной Европе,

России и странам СНГ General Electric Energy Шимон Яницки, управляющий директор The Royal Bank of Scotland Хасан Мустафа, исполнительный вице-президент Dong Energy Мортен Хутберг Бухграйтц.

Кроме того, участники заседания поддержали присоединение в текущем году к ЕДК таких компаний как Verbundnetz Gas, KNAUF, ОАО «Газпром газораспределение», ООО «Югорскремстройгаз», CISCO, Nord Stream AG, Petrol.

На встречах в рамках заседания Президиума ЕДК затрагивались вопросы, связанные с применением «третьего энергопакета ЕС». Алексей Миллер, в частности, отметил:

«Реализация положений нового европейского законодательства в области энергетики может привести к негативным последствиям для самих европейских стран. Модель либерализации, которую ЕС заложил в «третий энергопакет» и намерен применить к газовому рынку, в итоге негативным образом отразится на конечных потребителях. «Третий энергопакет» в сегодняшнем виде подрывает мотивацию инвесторов, так как отдаляет их от управления своими инвестициями. Намечаемая реформа создает серьезный риск недоинвестирования в энергетическую отрасль ЕС.

Бизнес Газпрома всегда соответствует правилам, которые установлены

на рынках, где работает компания. Мы участвуем в диалоге с ЕС о применении положений «третьего энергопакета» и предложили придать особый статус трансграничным газопроводам, по которым газ поступает из России в Европу. Это позволит должным образом учесть интересы российских инвесторов в европейском ТЭЖе и, как следствие, способствовать повышению энергобезопасности Европы».

В рамках ЕДК также состоялись рабочие встречи Алексея Миллера с генеральным директором ГП «Сербиягаз» Душаном Баятовичем, председателем правления E.ON AG доктором Йоханнесом Тайссеном, президентом концерна «Ахема Груп» Арунасом Лауринайтисом.

Европейский деловой конгресс (ЕДК) является международной неправительственной некоммерческой организацией. ЕДК насчитывает 132 члена, представляющих 25 стран-членов ОБСЕ, в том числе такие крупнейшие корпорации и банки, как ОАО «Газпром», Shell, ExxonMobil, Total, Wintershall, E.ON Ruhrgas, GDF SUEZ, ENI, Siemens, MAN Ferrostaal AG, Daimler, Alcatel, Deutsche Bank, Dresdner Bank, BNP Paribas, UBS, Societe Generale и др.

Президентом ЕДК является председатель правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер.

Белоруссия: перспективы использования газа на транспорте

В конце 2012 г. в рамках рабочей поездки делегации ОАО «Газпром» в Белоруссию состоялась встреча председателя правления Алексея Миллера и Президента республики Александра Лукашенко.

Стороны обсудили основные вопросы сотрудничества. Было отмечено, что с подписанием российско-белорусских межправительственных соглашений экономика республики получила мощный стимул к развитию. Потребители Белоруссии получают газ по комфортным ценам и имеют дополнительное

преимущество для создания конкурентоспособной по стоимости продукции.

Газовая промышленность республики с вхождением ОАО «Белтрансгаз» в Группу «Газпром» вышла на новый уровень. Реализуется масштабная инвестиционная программа Белтрансгаза: начата реконструкция газотранспортных мощностей, разрабатываются планы модернизации объектов подземного хранения газа.

Особое внимание на встрече было уделено перспективам использования на территории Белоруссии газа в качестве

моторного топлива. Было отмечено, что перевод транспорта и техники на газ позволит автовладельцам и промышленным производителям существенно экономить на топливе, поскольку метан в республике намного дешевле бензина и дизеля. Эта работа может стать одной из действенных мер повышения эффективности белорусской экономики. При этом внимание должно уделяться как расширению парка газобаллонных автомобилей, так и стимулированию использования газомоторного топлива на автотранспорте.

Мировой рынок КПГ (декабрь 2012 г.)

Страна	Общий спрос на КПГ, тыс. м³/год	Парк ГБА	Парк АГНКС	Удельный спрос на КПГ, (тыс. м³/год)/ГБА	Удельный парк ГБА на одну АГНКС
Иран	5 760 000	3 300 000	1 960	1 745,5	1 684
Таиланд	3 422 040	352 652	481	9 703,7	733
Пакистан	2 949 000	3 100 000	3 330	951,3	931
Аргентина	2 773 440	2 172 768	1 920	1 276,5	1 132
Бразилия	1 959 960	1 730 223	1 796	1 132,8	963
Индия	1 958 520	1 500 000	724	1 305,7	2 072
Республика Корея	1 116 000	35 872	190	31 110,6	189
Бангладеш	1 098 600	200 000	600	5 493,0	333
США	930 240	112 000	1 035	8 305,7	108
Италия	870 000	746 470	909	1 165,5	821
Украина	624 000	388 000	324	1 608,2	1 198
Колумбия	540 000	387 250	676	1 394,4	573
Египет	456 000	178 000	160	2 561,8	1 113
Россия	388 000	86 012	250	4 511,0	344
Армения	318 240	244 000	345	1 304,3	707
Боливия	315 338	140 400	156	2 246,0	900
Германия	276 000	95 162	904	2 900,3	105
Перу	222 720	136 662	189	1 629,7	723
Норвегия	196 800	908	26	216 740,1	35
Болгария	180 000	61 256	103	2 938,5	595
Малайзия	177 600	53 783	173	3 302,2	311
Австрия	162 000	7 065	203	22 929,9	35
Швеция	136 800	41 789	195	3 273,6	214
Венесуэла	97 800	105 890	166	923,6	638
Франция	72 000	13 500	177	5 333,3	76
Испания	53 760	3 219	60	16 700,8	54
Турция	50 400	3 850	14	13 090,9	275
Таджикистан	49 560	10 600	53	4 675,5	200
Чили	38 400	8 164	15	4 703,6	544
Великобритания	36 000	559	22	64 400,7	25
Швейцария	19 320	11 500	166	1 680,0	69
Мексика	16 440	2 600	8	6 323,1	325
Португалия	13 920	586	5	23 754,3	117
Белоруссия	12 360	4 600	42	2 687,0	110
Сингапур	12 360	5 522	4	2 238,3	1 381
Словакия	12 000	1 170	14	10 256,4	84
Чешская Республика	12 000	3 964	54	3 027,2	73
Тринидад и Тобаго	9 600	4 100	9	2 341,5	456
Польша	9 120	2 094	47	4 355,3	45
Киргизия	7 200	6 000	6	1 200,0	1 000
Молдавия	4 800	2 200	24	2 181,8	92
Финляндия	4 800	1 172	18	4 095,6	65
Сербия и Черногория	3 720	838	9	4 439,1	93
Мозамбик	2 880	661	2	4 357,0	331
Литва	2 400	190	3	12 631,6	63
Венгрия	1 800	372	17	4 838,7	22

Лихтенштейн	1 200	143	2	8 391,6	72
Доминиканская Республика	1 104	8 000	5	138,0	1 600
Хорватия	960	143	1	6 713,3	143
Люксембург	665	253	7	2 628,5	36
Исландия	468	255	2	1 835,3	128
Македония	252	54	1	4 666,7	54
Эстония	240	191	4	1 256,5	48
Словения	96	41	6	2 341,5	7
Латвия	31	18	1	1 722,2	18
Австралия	—	3 500	51	—	69
Алжир	—	125	3	—	42
Афганистан	—	1	1	—	1
Бельгия	—	355	15	—	24
Босния и Герцеговина	—	21	2	—	11
Вьетнам	—	462	7	—	66
Греция	—	526	3	—	175
Грузия	—	3 000	50	—	60
Дания	—	14	1	—	14
Индонезия	—	5 690	7	—	813
Ирландия	—	1	—	—	—
Казахстан	—	3 200	2	—	1 600
Канада	—	14 205	83	—	171
Кипр	—	—	—	—	—
Китай	—	1 500 000	2 800	—	536
Мальта	—	—	—	—	—
Мьянма (Бирма)	—	30 005	51	—	588
Нигерия	—	345	6	—	58
Нидерланды	—	5 202	153	—	34
Новая Зеландия	—	201	14	—	14
ОАЭ	—	1 751	17	—	103
Панама	—	15	—	—	—
Румыния	—	—	—	—	—
Тайвань	—	—	—	—	—
Танзания	—	52	1	—	52
Тунис	—	34	1	—	34
Туркмения	—	—	1	—	—
Узбекистан	—	310 000	175	—	1 771
Филиппины	—	71	3	—	24
Черногория	—	—	1	—	—
Эквадор	—	40	1	—	40
ЮАР	—	24	2	—	12
Япония	—	41 463	329	—	126
ИТОГО	27 355 754	17 193 023	21 393	1 591,1	804

Примечание. Наиболее достоверным показателем развития газомоторного рынка является спрос на газ в транспортном секторе потребления. Число АГНКС и парк газобаллонных автомобилей в меньшей степени характеризуют рынок. В связи с этим НГА при определении газомоторного рейтинга стран и регионов исходит именно из показателя спроса/потребления природного газа или СУГ. Следует учитывать, что не все страны предоставляют такие данные.

Газомоторная дочка Газпрома



Виктор Алексеевич Зубков

ОАО «Газпром» создал компанию «Газпром газомоторное топливо», в которой будут консолидированы активы Группы, связанные с производством и реализацией газомоторного топлива.

Среди основных направлений деятельности новой компании – разработка и реализация маркетинговых программ по развитию сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в России, а также

расширение круга потребителей газомоторной техники, в том числе в сельском хозяйстве, на речном и железнодорожном транспорте.

Председателем совета директоров ООО «Газпром газомоторное топливо» избран Сергей Фурсенко, председателем правления и генеральным директором – Виктор Зубков, который будет совмещать эту работу с деятельностью на посту председателя совета директоров ОАО «Газпром».

В Совете директоров ОАО «Газпром»

Совет директоров ОАО «Газпром» 4.11.2012 г. принял к сведению информацию о комплексной газификации регионов с учетом развития рынка газомоторного топлива. Было отмечено, что с 2013 г. в ежегодную Программу газификации регионов РФ, региональные программы развития газификации и газоснабжения регионов и планы графики синхронизации реализации программ газификации будут включены обязательные разделы об использовании газомоторного топлива и формировании соответствующей инфраструктуры. В разделах, в частности, будут прописаны обязательства сторон по расширению сети АГНКС, предоставлению земельных участков под их строительство и по переводу транспорта на сжиженный природный газ (СПГ) одновременно со строительством новых АГНКС.

Предложения по совместному развитию газомоторной инфраструктуры Газпром направил в 69 регионов, участвующих в программе газификации. На сегодняшний день уже 37 из них готовы подтвердить свои обязательства по переводу или приобретению автотранспорта на КПГ к моменту завершения строительства АГНКС. В настоящее время Газпром готовит технико-экономические обоснования строительства 37 АГНКС в 17 регионах. Кроме того, для повышения эффективности реализации стратегии в области газомоторного топлива планируется консолидировать активы Группы «Газпром» по производству и реализации КПГ в специализированной компании.

Дальнейшая совместная работа Газпрома и субъектов РФ позволит ускорить развитие газомоторного рынка и начать формирование всероссийской газомоторной инфраструктуры. Планомерная реализация данного

проекта даст возможность регионам сэкономить значительные средства на стоимости автоперевозок, так как цена на газомоторное топливо ниже, чем на традиционное дизельное топливо и бензин. Существенную экономию от снижения затрат на топливо получают предприятия агропромышленного сектора, особенно во время посевной и уборочной кампаний.

Природный газ остается самым экологически чистым видом топлива. Его активное использование позволит серьезно снизить выбросы вредных веществ в атмосферу и улучшить экологическую обстановку в населенных пунктах. Совет директоров поручил правлению продолжить работу по комплексной газификации регионов, включив в программы газификации специальные разделы по газомоторному топливу, предусматривающие, кроме прочего, развитие газомоторной инфраструктуры.

Производство СПГ на Ямале

Вапреле 2012 г. между ОАО «Газпром» и ОАО «НОВАТЭК» был подписан Меморандум о сотрудничестве (срок действия истекает 1 февраля 2013 г.). Документ предполагает изучение возможности создания совместных предприятий для увеличения

комплекса мощностей по производству СПГ на полуострове Ямал. На базе этого меморандума о сотрудничестве стороны подписали Соглашение о создании совместного предприятия в области производства сжиженного природного газа (СПГ) на п-ве Ямал.

Совместное предприятие проведет предпроектные исследования, разработает проектную документацию, план строительства завода СПГ и совместную программу освоения месторождений, на которых будет выполняться функции оператора по

разработке и обустройству. До конца года планируется утвердить комплексную программу реализации

проекта, включающую основные параметры и сроки его осуществления, в том числе сроки принятия

окончательного инвестиционного решения, схему и условия финансирования.

Организация производства АГНКС в России

21 декабря 2012 г. в центральном офисе ОАО «Газпром» состоялась рабочая встреча заместителя председателя правления Виталия Маркелова и владельца компании BAUER Compressors Хайнца Бауэра.

В ходе переговоров специалисты компании BAUER Compressors представили предложения по возможной организации совместного производства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в России.

По итогам встречи стороны договорились продолжить консультации по изучению возможных вариантов организации производства АГНКС.

Компания BAUER Compressors является производителем компрессорного оборудования для АГНКС.

Оборудование компании установлено на первой АГНКС в Республике Алтай.



АГНКС на Алтае, на которой установлено оборудование BAUER Compressors

Управление информации ОАО «Газпром»

БАЛСИТИ

119071, Россия, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 29,
офис № 628
www.balcity.ru

Телефон: +7 (495) 955 41 95
Факс: +7 (495) 783 84 92
E-mail: balcity@balcity.ru
sales@balcity.ru

РЕКЛАМА

ООО «БАЛСИТИ» – крупнейший производитель автомобильных баллонов для сжиженного углеводородного газа



Компания ООО «Балсити» остается крупнейшим в России производителем автомобильных баллонов для сжиженного углеводородного газа, занимая лидирующие позиции на российском рынке.

За 10-летний период производственной деятельности компания освоила и поставила потребителям значительное количество как стандартных баллонов цилиндрической формы вместимостью от 30 до 220 л, так и специальных спаренной и тороидальной форм вместимостью от 42 до 95 л различной конструкции более 60 наименований, из которых свыше 50 % занимают специальные. Постоянное обновление производственных мощностей, подготовка и переподготовка кадров, проведение комплекса испытаний и контроля являются залогом стабильности и качества производимой компанией товарной продукции.

ООО «Балсити» остается эксклюзивным поставщиком автомобильных баллонов для сжиженного углеводородного газа на конвейер Горьковского автозавода.

На предприятии компании внедрена и действует система менеджмента качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001-2008). Баллоны сертифицированы по Международным правилам ЕЭК ООН № 67-01 с дополнениями 1-9, а также на соответствие требованиям Технического регламента «О безопасности колесных транспортных средств», что обеспечивает их применение в топливных системах различных типов автомобилей, использующих в качестве топлива сжиженный углеводородный газ (пропан, бутан и их смеси) под давлением 2,0 МПа.

Применение судовых паротурбинных установок с газообразным топливом и моделирование их теоретического цикла

В.С. Янченко, доцент Брянской государственной инженерно-технологической академии (БГИТА), к.т.н.,
В.Ю. Рубис, студент Брянского государственного технического университета (БГТУ)

Рассмотрены вопросы применения паротурбинных установок на судах-газовозах. Описан опыт моделирования цикла паротурбинной установки с применением метода аппроксимации справочных данных по воде и пару. Для модели цикла использована система моделирования MvS, поддерживающая формализм гибридного автомата. Приведен тестовый пример работы модели цикла ПТУ.

Ключевые слова: газозов, паротурбинная установка, термодинамический цикл, математическое моделирование, гибридный автомат.

Газообразное топливо находит широкое применение для наземного транспорта, использующего, прежде всего, двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Что касается морского и речного транспорта, то газообразное топливо становится актуальным для судов, перевозящих сжиженный природный газ (СПГ), – газозовов, поскольку в качестве топлива возможно использование транспортируемого СПГ. При этом применимы как дизельные ДВС, так и паротурбинные установки (ПТУ). Каждая из этих судовых энергетических установок (СЭУ) имеет свои достоинства, а также ограничения по применению.

К преимуществам дизельных двигателей относятся компактность, меньшая масса, быстрота запуска и реверса. Современные судовые дизели являются многотопливными. Например, ОАО «Северное ПКБ» предполагает разработку в соответствии с выигранным тендером Минпромторга РФ концептуальных проектов газозовов ледового плавания вместимостью 80 тыс., 155 тыс. и 215 тыс. м³ СПГ. Для них предполагается использовать двухтопливные дизель-электрические СЭУ с электрическим пропульсивным комплексом, а топливо – тяжелое

дизельное и перешедший в газообразное состояние в процессе транспортировки природный газ.

На крупных судах большого водоизмещения (обычно с мощностью СЭУ более 28 тыс. кВт), а также на военно-морских кораблях с высокой скоростью движения и маневрирования применяются ПТУ. При этом пропульсивные установки могут быть как механические (редукторные), так и электрические.

Современные судовые ПТУ обычно состоят из двух каскадов турбин – высокого и низкого давления, применяются также трехступенчатые ПТУ. Между ступенями отработанный пар получает дополнительный перегрев. Применение регенерации теплоты пара для подогрева питательной воды также повышает экономичность ПТУ. Поэтому КПД таких установок становится выше КПД ДВС.

Еще больший эффект сулит применение СЭУ с бинарными циклами, объединяющими циклы ГТУ и ПТУ. Это так называемые парогазовые установки (ПГУ), достаточно освоенные на стационарных энергостанциях. В них высокотемпературный подвод теплоты от сгоревшего топлива осуществляется в ГТУ, а затем низкотемпературный подвод теплоты от отработавших газов происходит в котле-утилизаторе паровой



Рис. 1. Танкер-газовоз «Гранд Меря»

турбины. КПД таких парогазовых установок достигает 55...58 %. Кроме того, что ПТУ экономичны, они в сравнении с ДВС более надежны и дешевле в эксплуатации, вызывают гораздо меньшую вибрацию корпуса судна.

Можно привести следующие примеры применения СЭУ с паротурбинными установками для транспортировки СПГ.

В настоящее время начали успешно эксплуатироваться три крупных танкера-газовоза «Гранд Елена», «Гранд Анива», «Гранд Меря» (рис. 1), построенных на верфях Mitsubishi Heavy Industrie в Нагасаки (Япония). Они предназначены для совместного российско-японского консорциума, который состоит из Mitsui O.S.K. Lines, Ltd (MOL), Kawasaki Kisen Kaisha, Ltd (K Line) и Приморского морского пароходства (PRISCO), и зафрахтованы на долгосрочный период компанией «Сахалин Энерджи», оператором крупнейшего нефтегазового проекта «Сахалин-2». Это суда с усиленным ледовым корпусом, что позволяет им работать в битом льду толщиной до 40 см. Валовая вместимость четырех сферических танков для СПГ – 145 тыс. м³. СЭУ – паровая турбина мощностью 23,6 тыс. кВт.

Применение ПТУ для транспортировки СПГ также рассматривается специалистами в таком амбициозном проекте, как подводный газозов. ОАО «СПМБМ «Малахит» (г. Санкт-Петербург) выполнены предварительные проектные проработки подводного газозова грузоместимостью 150 тыс. м³. На ОАО «ПО «Севмаш» (г. Северодвинск) оценены возможности постройки такого судна и отмечено, что проблемных

вопросов при создании подводных газозовов нет [1]. Подводный газозов предназначен для регулярного и круглогодичного вывоза СПГ с морских добывающих платформ арктических месторождений на береговые терминалы. В арктических морях в подводном положении он может плавать при любых ледовых условиях без ледокольного обеспечения и сопровождения. В данном случае применение ПТУ связано с использованием атомной энергетической установки как источника тепловой энергии.

Очевидно, что разнообразие требований и подходов к СЭУ предполагает при выборе оптимальной схемы анализ различных вариантов, сопоставление результатов технических решений как до начала конкретной разработки, так и в процессе проектирования. Поэтому математическое компьютерное моделирование тепловых циклов и процессов, протекающих в двигательных установках, становится необходимым и является, как известно, одним из основных звеньев CALS-технологии.

Применение формализма гибридного автомата при математическом моделировании для обобщенного цикла ДВС-ГТУ приведено в [2]. Рассмотрим эту методику для цикла ПТУ Ренкина.

В отличие от термодинамических циклов ДВС и ГТУ, рабочим телом которых считается идеальный газ, процессы цикла ПТУ происходят с рабочим телом в разных агрегатных состояниях: вода, кипящая вода при температуре насыщения, влажный пар, сухой

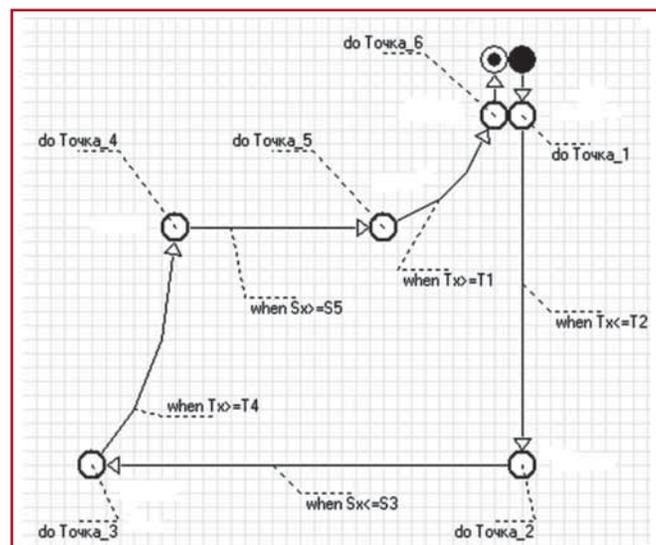


Рис. 2. Карта поведения модели цикла ПТУ (фрагмент интерфейса)

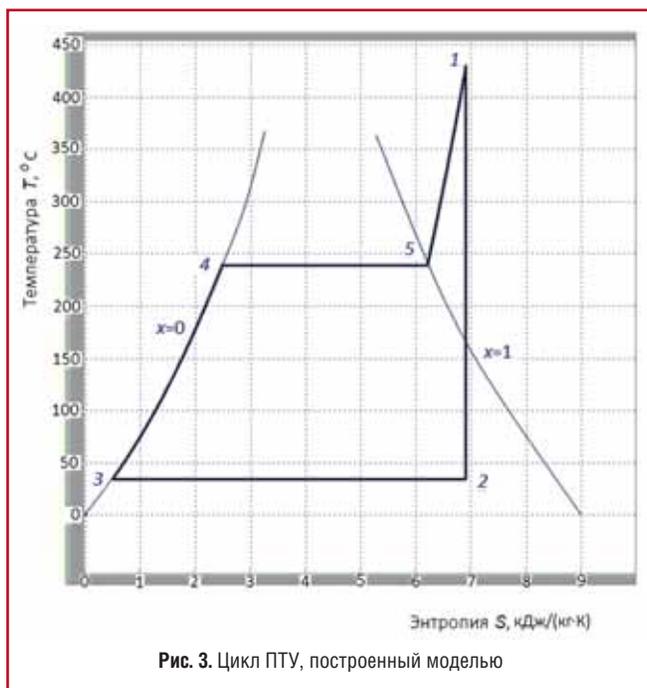


Рис. 3. Цикл ПТУ, построенный моделью

насыщенный пар, перегретый пар. В ходе расчетов циклов используются справочные таблицы, описывающие параметры жидкости и пара в зависимости от температуры и давления, а также диаграммы состояния $I-S$ и $T-S$ (зависимости энтальпии от энтропии и температуры от энтропии). Это создает определенные трудности при программировании математических моделей ПТУ.

В рассматриваемой модели был применен метод аппроксимации справочных данных, в результате использовали следующие зависимости:

для точек на линии кипящей воды (аппроксимация по [3], [4])

$$S_b = 4 \cdot 10^{-8} T^3 - 3 \cdot 10^{-5} T^2 + 0,0153 T - 0,0034;$$

$$T = 100,85 p^{0,2431};$$

для точек на линии сухого насыщенного пара (аппроксимация по [4])

$$S_{\text{нп}} = -1 \cdot 10^{-7} T^3 + 7 \cdot 10^{-5} T^2 - 0,024 T + 9,1072;$$

для точек в области перегретого пара (аппроксимация по [3])

$$S_{\text{нп}} = -2 \cdot 10^{-6} T^2 + 0,005 T + 0,025 p + 4,25;$$

для точек в области влажного пара (аппроксимация по [3])

$$T = 31617 p^5 - 40459 p^4 + 19946 p^3 - 4925,8 p^2 + 729,31 p + 6,1335.$$

Здесь S_b , $S_{\text{нп}}$, $S_{\text{нп}}$ – энтропии воды, сухого насыщенного пара и перегретого пара соответственно,

кДж/(кг·К); p – давление, бар; T – температура в соответствующих точках цикла, °С.

Для моделирования применяется система MvS, поддерживающая формализм гибридного автомата. Этот подход и система MvS описаны в [2].

Карта поведения модели строится в главном окне «Описание модели» (рис. 2). Для большей наглядности отдельные состояния модели и связи между ними расположены так, чтобы они повторяли конфигурацию цикла ПТУ.

Как видно, модель имеет шесть состояний, каждому из которых предписана непрерывная деятельность (система обозначает это служебным словом do). Условия перехода от одного состояния к другому предписываются связям (when). А в целом модель представляет собой гибридный автомат, описывающий пять процессов цикла ПТУ Ренкина.

Результаты моделирования представляются в числовом и в графическом видах. В каждой точке цикла определяются давление и температура пара, энергетические параметры процессов.

Работоспособность модели подтверждена тестовыми прогонами (рис. 3).

Дальнейшее развитие модели предполагает, в частности, уточнение аппроксимирующих зависимостей, особенно в области перегретого пара (процесс 5–1 на рис. 3), а также достраивание цикла с двух- и трехступенчатым расширением пара в турбинных ступенях и регенерацией теплоты для подогрева питательной воды.

Литература

1. <http://www.malachite-spb.ru/?q=node/12>
2. **Янченко В.С.** Моделирование обобщенного термодинамического цикла тепловых двигателей // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4 (22). – С. 38-40.
3. **Александров А.А.** Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. службой стандартных справочных данных. ГСССД Р-776-98/ А.А. Александров, Б.А Григорьев. – М: Изд-во МЭИ, 1999. – 168 с; ил.
4. **Ривкин С.Л.** Теплофизические свойства воды и водяного пара / С.Л. Ривкин, А.А. Александров – М: Энергия, 1980. – 424 с.

Реконденсация паров СПГ на речном транспорте

В.И. Карагузов, профессор Омского государственного технического университета, д.т.н.

Описано применение высокоресурсных и необслуживаемых термоакустических охладителей для реконденсации паров СПГ на судах речного флота, позволяющее судну брать на борт количество СПГ, необходимое для прохождения требуемого маршрута в условиях регионов с неразвитой инфраструктурой.

Ключевые слова: природный газ, реконденсация паров, термоакустическая система, транспорт.

Использование природного газа на наземном транспорте допускает альтернативный выбор: в зависимости от инфраструктуры региона, а подчас и населенного пункта можно применять компримированный (КПГ) или сжиженный (СПГ) природный газ. Например, городские автобусы в г. Томске работают на КПГ, количество которого в баллонах достаточно для движения по маршруту. На конечных (или промежуточных, что менее удобно) остановках автобус заправляется КПГ.

На междугородных маршрутах использование природного газа проблематично из-за отсутствия сети заправок им на большинстве направлений вне крупных населенных пунктов. Особенно это характерно для Сибири, где огромные территории имеют низкую плотность населения.

Еще более остро проблема использования природного газа стоит

на речном транспорте, который перемещается по российским рекам через малонаселенные, а подчас и вовсе ненаселенные территории. Даже в богатой природным газом Сибири для заправки им речных судов необходимо пройти сотни, а зачастую и тысячи километров.

Использование КПГ для преодоления таких больших расстояний становится невыгодным, а то и невозможным из-за больших объема и массы баллонов. С другой стороны СПГ на борту судна должен храниться при криогенных температурах, что влечет за собой необходимость дорогостоящих баков с экранно-вакуумной или порошково-вакуумной теплоизоляцией (рис. 1) [1].

В ряде случаев силовые установки судов не могут полностью отбирать испаряющуюся часть СПГ из-за географических и погодных условий, вынужденных остановок или большого запаса СПГ. Это влечет за собой потери природного газа, что невыгодно, пожароопасно и неэкологично.

Рассмотрим два возможных технических решения для применения СПГ на российских речных судах.

Первое – использование разработанных в последние годы криогенных баков для СПГ с невакуумной полимерной теплоизоляцией (рис. 2) [2, 3].

Современные полимерные пеноматериалы, такие как пенополиуретаны, обладают низкой теплопроводностью, высокой влажостойкостью и низкотемпературной стойкостью. Такие криогенные баки для СПГ по срокам хранения уступают вакуумным, но обладают достаточно

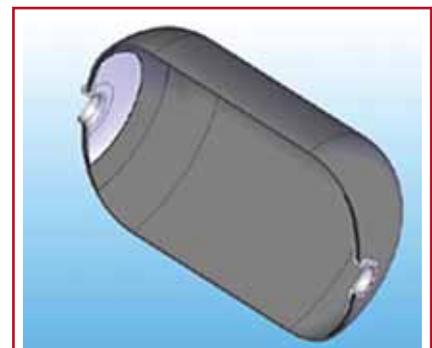


Рис. 2. Криогенный бак для СПГ с полимерной теплоизоляцией

хорошими характеристиками. Как показано в [3], длительность бездренажного хранения СПГ в баках с экранно-вакуумной теплоизоляцией в два раза превышает этот показатель для баков с полимерной пеноизоляцией. По данным из того же источника, стоимость баков с экранно-вакуумной теплоизоляцией в 1,5...1,7 раза выше, чем у баков с полимерной пеноизоляцией.

Второе техническое решение подсказано опытом орбитальной космонавтики, в которой длительность хранения криогенной жид-



Рис. 1. Криогенный бак для СПГ с экранно-вакуумной теплоизоляцией

кости повышается за счет реконденсации паров этой жидкости. На криогенный бак устанавливается система охлаждения, которая вырабатывает холод на температурном уровне, необходимом для конденсации паров и возвращения жидкости в бак. В результате срок хранения криогенной жидкости в таком баке может быть неограниченным. К другим преимуществам баков с реконденсацией паров относятся хранение криогенной жидкости при более низких давлениях и отсутствие утечек паров, что снижает стоимость изготовления и эксплуатации бака.

В качестве систем охлаждения для реконденсации паров криогенных жидкостей используются газовые криогенные машины Стирлинга. При всех достоинствах эти машины обладают сравнительно низким ресурсом работы, низкой надежностью и высокой стоимостью.

В настоящее время наиболее эффективно, технически просто и надежно реконденсация паров СПГ может быть реализована с использованием термоакустического эффекта, который заключается в том, что в прямом термодинамическом цикле тепловая энергия преобразуется в акустическую, а в обратном термодинамическом цикле акустическая энергия генерирует холод [4].

В качестве топлива для таких теплоиспользующих термоакустических систем реконденсации паров СПГ (рис. 3) могут быть те же самые пары СПГ из того же бака. Подробно конструкция и работа термоакустической системы охлаждения описана в работе [5].

Под действием теплопритоков из окружающей среды через полимерную теплоизоляцию в баке 14 СПГ испаряется и через электромагнитный клапан 8 подается в двигатель. Если количества паров

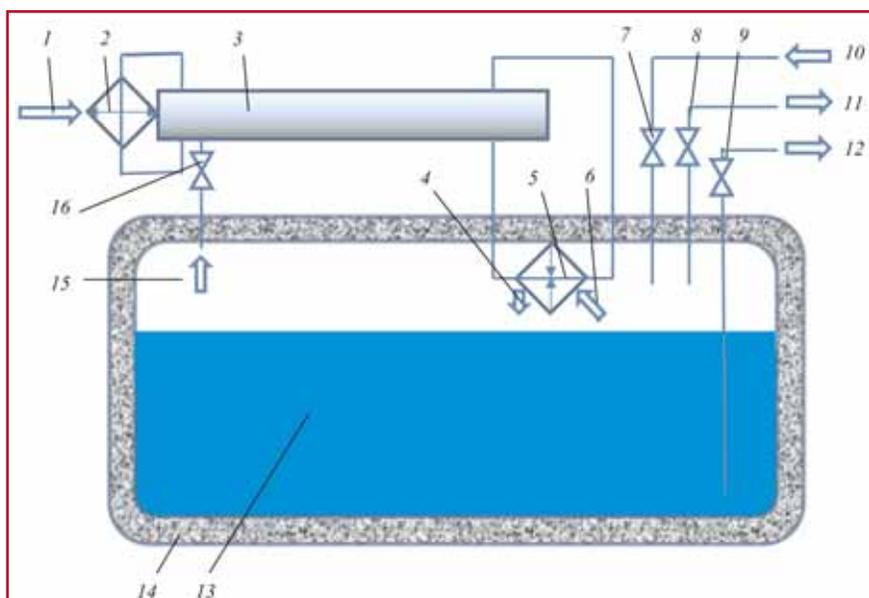


Рис. 3. Схема теплоиспользующей термоакустической системы реконденсации паров СПГ в полимерном баке:

1 – подача воздуха для охлаждения термоакустического охладителя и в топку; 2 – теплообменник отвода теплоты от термоакустического охладителя; 3 – термоакустический охладитель; 4 – конденсат; 5 – конденсатор; 6, 15 – пары СПГ; 7 – клапан заправки СПГ; 8 – электромагнитный клапан подачи паров СПГ в двигатель; 9 – электромагнитный клапан подачи СПГ в газификатор; 10 – заправка СПГ; 11 – подача паров СПГ в двигатель; 12 – подача СПГ в газификатор; 13 – СПГ; 14 – бак с полимерной теплоизоляцией; 16 – электромагнитный клапан подачи паров СПГ в термоакустический охладитель

СПГ недостаточно для работы двигателя, то через электромагнитный клапан 9 СПГ подается в газификатор, где испаряется и далее подается в двигатель. А если количество испарившегося в баке 14 природного газа превышает потребности двигателя, то пары СПГ 15 через электромагнитный клапан 16 подаются в термоакустический охладитель 3, где сгорают, вырабатывая холод и теплоту. Теплота отводится в теплообменник 2 воздухом 1, а холодный теплоноситель поступает в конденсатор 5, на котором конденсируются пары СПГ 6 и стекают

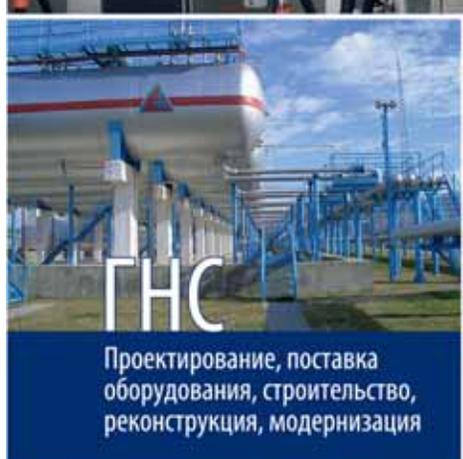
в виде конденсата 4 в бак 14. В качестве теплоносителя в «холодном» контуре может использоваться тот же СПГ или газообразный азот.

Электромагнитные клапаны 8, 9 и 16 управляются автоматической системой управления (на рис. 3 не показана).

Использование термоакустического охладителя, который не требует обслуживания за весь период эксплуатации, для реконденсации паров СПГ позволяет судну брать на борт количество СПГ, необходимое для прохождения требуемого маршрута.

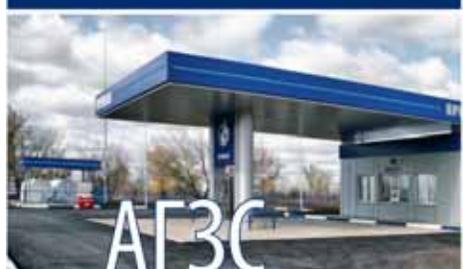
Литература

1. <http://www.cryogenicfuelsinc.com>.
2. <http://www.ctd-materials.com>.
3. **Мовчан Е.П.** Создание эффективных автомобильных криобаков для СПГ // Технические газы. – 2009. – № 3. – С. 68-72.
4. **Swift G.W.** Thermoacoustics: A unifying perspective for some engines and refrigerators // Published by the Acoustical Society of America through the American Institute of Physics. – 2002. – 300 P.
5. **Карагусов В.И., Мальцев П.С.** Бортовой термоакустический кондиционер на природном газе // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4. – С. 45-47.



ГНС

Проектирование, поставка оборудования, строительство, реконструкция, модернизация



АГЗС

Проектирование, поставка оборудования, строительство, монтаж, пусконаладка



Посты

заправки бытовых газовых баллонов с электронным управлением с возможностью автоматизации



FAS

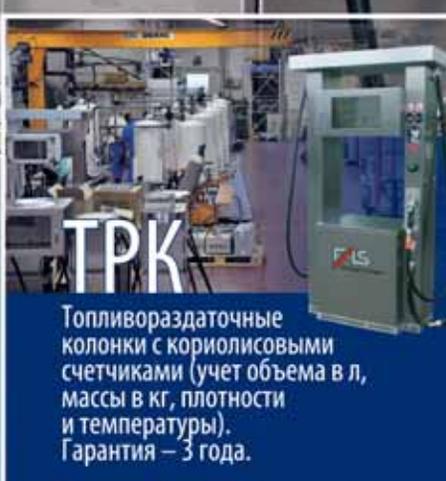
Flüssiggas-Anlagen

Компания Flüssiggas Anlagen GmbH (FAS) (основана в 1975 году) – современное динамичное производство, зарекомендовавшее себя как поставщик эффективных решений для работы со сжиженными газами. За время работы оборудованием компании FAS оснащены сотни объектов нефтегазового комплекса во многих странах: газовые терминалы, газовые и многотопливные заправочные станции и многое другое. В числе постоянных заказчиков — ведущие нефтегазовые компании.

*узнайте
подробнее*

- (495) 647 0577
- (812) 335 4950
- WWW.FAS.SU

**17 лет
в России!**



ТРК

Топливораздаточные колонки с кориолисовыми счетчиками (учет объема в л, массы в кг, плотности и температуры).
Гарантия – 3 года.



Резервуары

Собственное серийное производство резервуаров для СУГ объемом 4,6; 6,5; 8,5; 9,2 и 20,0 м³



САГ

Станции автономного газоснабжения производительностью от 32 до 14 000 кг/ч



Газовые генераторы

с жидкостным охлаждением мощностью от 10 до 35 кВт для автономных систем резервного и постоянного электроснабжения



Адаптивная электромеханическая трансмиссия

И.К. Александров, профессор Вологодского государственного технического университета (ВоГТУ), д.т.н.

Рассмотрена система автоматического регулирования, обеспечивающая адаптивные свойства энергетической силовой установки транспортных средств с электромеханической трансмиссией.

Ключевые слова: адаптивная трансмиссия, гибридная силовая установка, оптимизация работы ДВС.

В работах [1-7] рассматриваются вопросы энергетической эффективности применения адаптивных трансмиссий (АТ) на машинных агрегатах, в первую очередь на транспортных средствах (ТС), основной энергетической установки которых является двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Показано, что энергетическая эффективность применения АТ обеспечивается ее способностью корректировать свое передаточное отношение при изменении внешней нагрузки с целью стабилизации работы и исключения неустановившихся наиболее неэффективных режимов ДВС. Стабилизация режимов существенно снижает расход углеводородного топлива на единицу полезной работы, что пропорционально уменьшает количество вредных выбросов в окружающую среду.

Очевидно, что при традиционном применении ДВС на ТС без внедрения прогрессивных технологий невозможно достичь норм выброса вредных веществ, соответствующих

европейским стандартам Евро-4 и Евро-5. Одним из наиболее эффективных и достаточно просто реализуемых методом является представленная ниже адаптивная электромеханическая трансмиссия (АЭТ).

Электромеханическая трансмиссия получает все большее распространение. В частности, ее достаточно давно применяют на карьерных самосвалах БЕЛАЗ [8], а также на железнодорожном транспорте и тракторах промышленного назначения. Развитие этих трансмиссий получило новый импульс с появлением в последние годы на автомобильном транспорте гибридных энергетических установок («Ниссан», «Ауди», «Тойота», «Лексус» и др. [9,10]).

Основным преимуществом электромеханической трансмиссии является стабилизация мощности в электрической цепи генератор тока – двигатель мотор-колеса. Кроме того, благодаря высокой приспособляемости электрической энергоустановки к нагрузке многократно

упрощается передаточный механизм (он может быть вообще исключен при использовании мотор-колеса прямого действия). Другое существенное преимущество электропривода – возможность рекуперации энергии торможения ТС в накопитель (аккумулятор) для последующего ее использования в транспортном процессе.

Адаптивные возможности электромеханической трансмиссии иллюстрирует схема (рис. 1), на которой выделены два блока: дизель-генераторная установка I и мотор-колесо II. Второй блок включает тяговый электродвигатель и движитель (колесо). Благодаря использованию тягового электродвигателя с мягкой механической характеристикой, представляющей собой гиперболическую функцию частоты $\omega_1(t)$ вращения от нагрузочного (внешний) момента $M_1(t)$, достигается стабилизация электрической мощности в цепи генератор тока – двигатель мотор-колеса, что обеспечивает работу дизель-генераторной установки в заданном

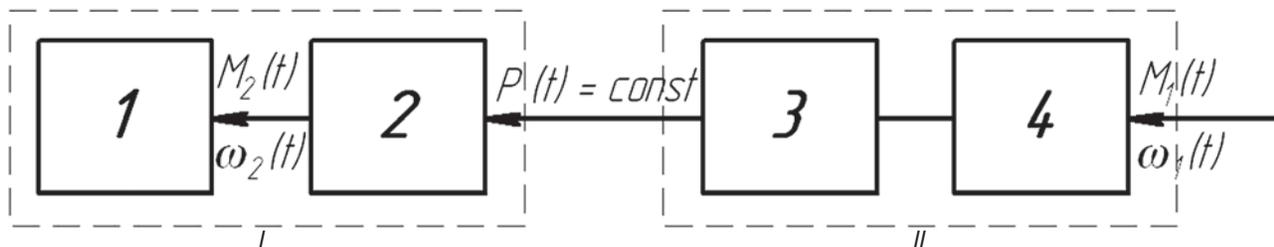


Рис. 1. Принципиальная схема транспортного средства с электромеханической трансмиссией:

I – дизель-генераторная установка; II – мотор-колесо; 1 – дизель; 2 – генератор тока; 3 – тяговый электродвигатель; 4 – движитель; $M_1 = \text{var}$; $M_2 = \text{const}$; $\omega_2 = \text{const}$; $P = M_2 \omega_2 = \text{const}$

мощностном диапазоне практически в стационарных нагрузочном и скоростном режимах.

Однако обычная электромеханическая трансмиссия имеет два существенных недостатка:

- не обеспечивает максимального использования ДВС на его внешней скоростной характеристике;
- не обладает возможностью рекуперации механической энергии, возникающей в системе при торможении транспортного средства или при его движении под уклон.

Проведенные нами исследования троллейбусов [11] показали, что объем рекуперированной энергии на электрифицированных транспортных средствах в реальных условиях эксплуатации может достигать 30...40 %. Указанные недостатки исключаются при использовании АЭТ.

В Вологодском ГТУ разработана и запатентована система управления [12], обеспечивающая оптимизацию режима работы ДВС на гибридной силовой установке (ГСУ). Как известно, ГСУ включает четыре основных компонента: основную энергетическую установку (ДВС); генератор электрической энергии; накопитель электрической энергии; тяговый электродвигатель, приводящий в действие движитель (колесо) ТС.

Поскольку в данном случае ДВС является единственным источником энергии транспортного средства, то оптимизация его (ДВС) работы определяет энергетическую эффективность ТС в целом. Минимизация расхода топлива достигается при устойчивой работе ДВС на внешней скоростной характеристике [1-7]. Это условие выполняется благодаря автоматической системе регулирования (АСР) первого блока гибридной силовой установки ДВС – генератора электрической энергии. Минимальный расход топлива обеспечивается автоматическим регулированием режима работы ДВС

на основе обратных связей с элементами силовой установки, включающей генератор переменного тока, выпрямитель, управляемый аккумулятор электрической энергии, электродвигатель со своей системой управления.

Принцип действия АСР, управляющей работой ДВС, следующий. Сигнал первой обратной связи, равный разности заданной и действительной частот вращения, усиливают и подают на вход управления током возбуждения генератора переменного тока, изменяют его электромагнитный момент, приводя последний в соответствие с моментом, развиваемым ДВС. Одновременно измеряют сигнал второй обратной связи (напряжение на выходе накопителя энергии), который сравнивают с двумя предварительно установленными значениями. При отклонении измеренного напряжения от установленного вырабатывается сигнал либо на отключение ДВС, если напряжение превышает верхнее заданное значение, либо на включение ДВС, если напряжение становится ниже заданного значения.

Таким образом, обеспечивается работа ДВС в повторно-кратковременном режиме при неизменной заданной нагрузке (мощность) и

максимальном включении топливopодающего рабочего органа (ТПРО), то есть в периоды включения ДВС выдерживается его работа только на внешней скоростной характеристике.

Предлагаемый способ реализуется с помощью устройства (рис. 2), которое содержит следующие элементы: задатчик 1 положения ТПРО с выходным сигналом $h1$; преобразователь 2 положения ТПРО в сигнал задания угловой частоты $\omega_{зад}$ вращения вала ДВС; сравнивающее устройство 3 с выходным сигналом $\Delta\omega$, равным разности $\omega_{зад}$ и действительной угловой частоты ω вращения вала ДВС 4; генератор 5 переменного тока; выпрямитель 6; преобразователь 7 разности заданной и действительной угловых частот вращения вала ДВС в соответствующий ток возбуждения генератора переменного тока; датчик 8, включающий датчик частоты 8.1 напряжения на выходе генератора 5 и датчик величины 8.2 напряжения на выходе выпрямителя 6; систему 9 управления током зарядки аккумуляторной батареи 10; систему 11 управления электрическим двигателем, включающую силовой преобразователь 11.1 со своей системой 11.2 управления, имеющей на входе сигнал $h2$ водителя;

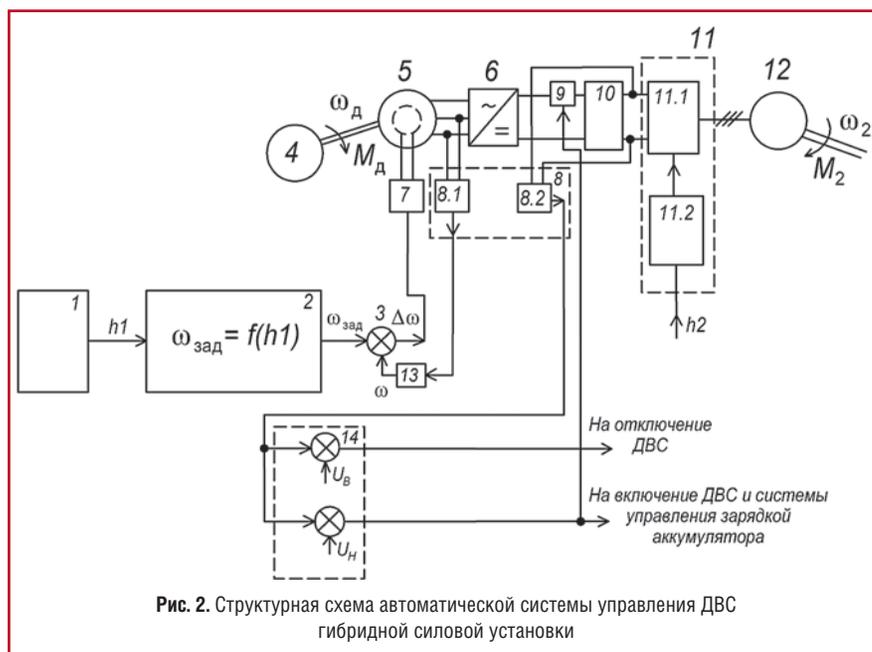


Рис. 2. Структурная схема автоматической системы управления ДВС гибридной силовой установки

электрический двигатель 12; преобразователь 13 частоты напряжения на выходе генератора в сигнал угловой частоты вращения ω вала ДВС; двухуровневый компаратор 14, преобразующий сигнал на его входе в команду на отключение или включение ДВС и системы 9 управления током зарядки аккумуляторной батареи.

Устройство работает следующим образом. Частота вращения ω_d и крутящий момент M_d ДВС 4, соответствующие его минимальному расходу топлива, определяются путем задания частоты вращения на входе системы управления генератором 5 переменного тока. Можно задавать любые значения ω_d и M_d , определяемые внешней скоростной характеристикой, но наиболее рациональными в отношении топливной экономичности являются режимные параметры, соответствующие максимальному эффективному моменту ДВС. При отклонении частоты вращения от заданной изменяется напряжение на выходе генератора, что приводит к регулированию его тока возбуждения за счет обратной связи по цепи 8.1 – 13 – 3 – 7.

Включение и отключение ДВС 4 и системы управления 9 током в зависимости от уровня заряда батареи 10 осуществляются за счет второй обратной связи по цепи 8.2 – 14 – 9.

Изменение крутящего момента M_2 , обусловленное изменением дорожных условий или командой водителя (сигнал h_2), на валу электродвигателя 12, приводящего в движение ведущие колеса (двигатель), а также длительное движение с постоянным крутящим моментом вызывают изменение энергии, потребляемой двигателем 12 от аккумулятора 10, и изменение напряжения на выходе последнего. В случае превышения верхнего уровня установленного напряжения, что свидетельствует о полной зарядке аккумулятора, релейный элемент 8.2 выдает сигнал для отключения ДВС.

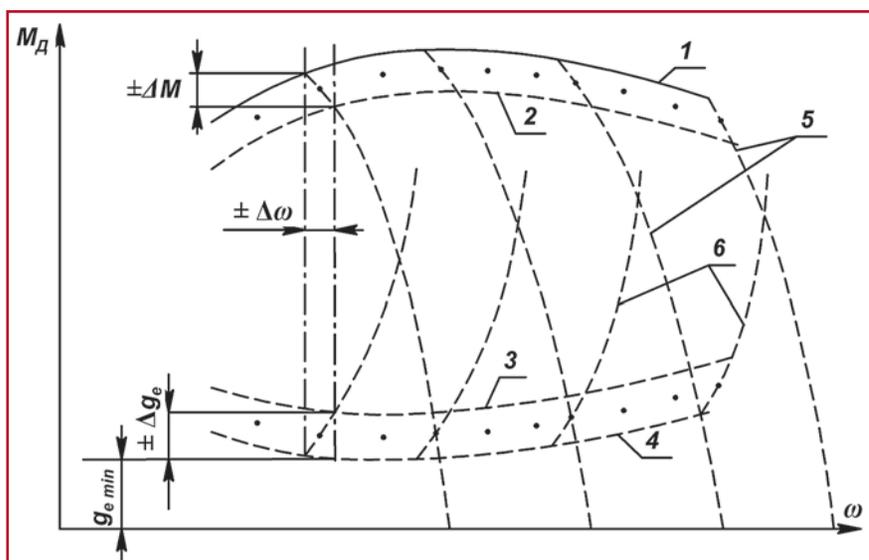


Рис. 3. Характеристики дизеля с всережимным регулятором ТНВД: 1 – внешняя характеристика по эффективному моменту $M_d(\omega)$; 2 и 3 – соответственно граничные значения эффективного момента и удельного расхода топлива при работе с АСР; 4 – внешняя характеристика по удельному расходу топлива $q_e(\omega)$; 5 – регуляторные ветви характеристик по эффективному моменту; 6 – регуляторные ветви характеристик по удельному расходу топлива

В это время система автоматического управления электрическим двигателем питается только от аккумуляторной батареи, расходуя накопленную ею энергию, что приводит к снижению напряжения в электрической цепи.

Таким образом, рассмотренные способ и устройство способствуют оптимизации работы ДВС при изменяющемся крутящем моменте на валу приводного электрического двигателя при практически неизменном положении ТПРО ДВС, что обеспечивает работу последнего на части регуляторной ветви вблизи внешней скоростной характеристики (рис. 3). В этом случае условия работы ДВС аналогичны условиям при использовании адаптивной гидромеханической трансмиссии [6]. Рабочий интервал регулирования определяется величиной $\Delta\omega$, где удельный расход топлива близок к минимальному, а частота вращения вала и мощность ДВС квазипостоянны. Иными словами, исключается работа ДВС на переходных режимах при непрерывно изменяющемся крутящем моменте на двигателе.

Принципиальной особенностью данной АСР по сравнению со способом

стабилизации, предложенным в работе [6], является то, что квазипостоянный режим работы ДВС обеспечивается не автоматической подстройкой параметров трансмиссии, а автоматическим поддержанием постоянной мощности, отбираемой от генератора электрической энергии. Такая система обладает большими надежностью и быстродействием.

Недостатком автоматической системы регулирования является то, что при наличии способности обеспечивать стабилизацию работы ДВС на внешней скоростной характеристике в ней отсутствует подсистема управления рекуперацией энергии торможения в накопитель электрической энергии с последующим ее использованием для транспортного процесса. Решению этой проблемы посвящены разработки, которые будут представлены в следующих публикациях.

Опыт эксплуатации электромеханических трансмиссий на большегрузных карьерных самосвалах (БЕЛАЗ и др.) показал, что работа энергоустановки в режиме постоянной мощности повышает топливную экономичность дизеля на 15...20 %.

С учетом этого перевод ДВС в стационарный режим на внешней скоростной характеристике с использованием представленного способа будет еще более эффективным.

Известно, что в настоящее время при эксплуатации транспортных и тяговых машин максимальная мощность ДВС реализуется всего лишь на 30...35 %. При этом двигатель работает на частичных характеристиках с удельным расходом топлива, в несколько раз превышающим минимальный, который реально достигается только во время стендовых испытаний ДВС при его работе на внешней скоростной характеристике. Адаптивные трансмиссии, исключая работу ДВС на частичных характеристиках, при использовании ГСУ позволят понизить удельный расход топлива на ТС приблизительно в 2-3 раза по сравнению с традиционными транспортными средствами, не оборудованными АСР.

Литература

1. **Александров И.К.** ДВС и адаптивная трансмиссия // Вестник машиностроения. – 2007. – № 2. – С. 8-11.
2. **Александров И.К.** Адаптивные трансмиссии – путь к созданию экономичных АТС // Автомобильная промышленность. – 1996. – № 2. – С. 17-19.
3. **Александров И.К.** Адаптивные трансмиссии – путь к созданию экономичных машинных агрегатов и транспортных средств // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – № 5. – С. 27-30.
4. **Александров И.К.** Совершенствование сельскохозяйственных машин и агрегатов на основе энергетического анализа: дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 1993.
5. **Александров И.К.** Энергетический анализ и пути снижения энергоемкости машинных агрегатов. – Вологда: Сев.-Двинское отд. Инженер. академии РФ, 1993. – 198 с.
6. Патент 2070649 С1 РФ, МКИ 6 F 02 D 45/00, В 60 К 41/16. Способ стабилизации минимального удельного расхода топлива двигателем внутреннего сгорания и устройство для его осуществления / И.К. Александров, Е.В. Несговоров // Б.И. – № 35.
7. **Александров И.К.** Основные положения энергетического анализа машин: Учебное пособие. – Вологда: ВоПИ, 1999. – 73 с.
8. **Викторов В.** БелАЗ-75502 // Автомобильный транспорт. – 1989. – № 2.
9. **Златин П.А., Кеменов В.А., Ксенович И.П.** Электромобили и гибридные автомобили. – М.: Агроконсалт, 2004. – 416 с.
10. Гибридные автомобили и их компоненты (обзор зарубежной печати) // Мобильная техника. – 2003. – № 1-3.
11. Научно-техническое обоснование энергетического баланса в системе генератор-накопитель энергии – двигатель гибридного привода на основании исследований ездового цикла троллейбуса. Научно-исследовательская работа по заказу ОАО «Транс-Альфа» / И.К. Александров, Е.В. Несговоров, В.А. Раков. – Вологда, 2008. – 78 с.
12. Патент 2338081 С1 РФ, МПК F 02 D 17/04, F 02 D 41/30. Способ стабилизации минимального удельного расхода топлива двигателем внутреннего сгорания транспортного средства с электромеханической трансмиссией и устройство для его осуществления / И.К. Александров, Е.В. Несговоров // Б.И. – 2008. – № 31.



Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

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

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

Материалы статей должны быть представлены по электронной почте в программе WinWord. Объем статьи – не более 14 400 знаков с пробелами.

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

ГОСТов. Текст, таблицы и графические рисунки должны быть выполнены в программе Word в формате doc, rtf. Фотографии (не менее 300 dpi, СМЯК) – в формате jpg, jpeg, tiff, pdf. Отдельно необходимо представить список подписанных 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. Авторский коллектив должен указать ответственное лицо, с которым редакция будет вести переговоры в процессе подготовки статьи к изданию. В список литературы включаются источники, на которые есть ссылки в статье. Ссылаться можно только на опубликованные работы. Список литературы составляется в порядке употребления. В нем приводятся следующие сведения: фамилия и инициалы авторов, название работы; для журнала – название, год издания, номер, страницы, на которых размещена статья; для книг – место и год издания, издательство, общее число страниц. Редакция оставляет за собой право редакторской правки и не несет ответственности за достоверность публикации. Все внесенные изменения и дополнения в представленную к изданию статью согласовываются с автором или представителем авторского коллектива.

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

Исследование автопарка гибридных автомобилей

В.А.Раков, доцент Вологодского государственного технического университета, к.т.н.

Проанализировано развитие мирового автопарка гибридных автомобилей с момента начала их серийного производства. Представлены результаты исследования автопарка гибридных автомобилей по типу их силовой установки.

Ключевые слова: гибридный автомобиль, статистика продаж, автопарк, динамика развития.

Почти пятнадцать лет назад одна из ведущих автомобильных компаний Toyota заглянула в будущее, и в декабре 1997 г. с конвейера сошли первые серийные автомобили с гибридной силовой установкой (ГСУ). Они имели бензиновый двигатель, работающий по циклу Аткинсона–Миллера и создающий энергию для двух электродвигателей-генераторов через устройство распределения мощности, и высоковольтную батарею, которая служила вторичным источником энергии. Данная конструкция позволила оптимизировать работу двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и значительно снизить расход топлива.

На тот момент экологичность и экономия топлива стояли далеко не на первых местах среди конкурентных преимуществ автомобиля, а прибыль от продаж гибридных автомобилей не покрывала расходов на их производство, и компания работала в убыток. Это был смелый шаг, рассчитанный на долгосрочную перспективу.

С тех пор в борьбу за технологические преимущества в данной области включились другие крупные производители легковых автомобилей: Honda, Ford, Volkswagen, Audi, Lexus, Volvo, Hyundai, Chevrolet, Chrysler, Renault, Citroen и др.

Отличительной особенностью любого гибридного автомобиля является наличие двух источников энергии:

первичного (чаще всего его функцию выполняет ДВС) и вторичного – например, аккумуляторной батареи, в этом случае гибридный автомобиль называют электрическим (hybrid electric vehicle). Также существуют и другие типы гибридных автомобилей: пневматический (pneumatic hybrid vehicle), маховичный (flywheel hybrid vehicle), гидравлический (hydraulic hybrid vehicle), которые массовой популярности среди класса легковых автомобилей не получили.

В гибридных автомобилях передача энергии от первичного источника энергии на ведущий вал колес может быть реализована по одной из нескольких схем: последовательной, параллельной или смешанной.

Последовательное расположение элементов ГСУ применено на автомобиле модели Chevrolet Volt и концепте «ё-мобиль». Это, по сути, электромобиль, но со встроенным ДВС, который включается только при разряде аккумулятора энергии или при движении автомобиля с высокой скоростью, обеспечивая передачу энергии непосредственно на приводной вал трансмиссии. Запас хода на электромоторе, как правило, несколько десятков километров, с включенным ДВС – ограничен объемом топливного бака.

Во время интенсивного расхода энергии ДВС нагружен сопротивлением вала трансмиссии или электромотором, работающим в

режиме генератора, а при достаточном заряде аккумулятора и малой нагрузке на ведущих колесах ДВС отключается, и движение осуществляется только на электрической тяге. Режим холостого хода исключен, что по сравнению с другими автомобилями, имеющими только ДВС, позволяет экономить топливо. Однако не все так просто. Энергия в такой схеме теряется не только в механических передачах, но еще и в генераторе, инверторе, аккумуляторе и электромоторе. А высокая стоимость электропривода значительно увеличивает себестоимость автомобиля. По той же причине троллейбус в 1,5-2 раза дороже автобуса. Данные недостатки ограничивают применение последовательной схемы для массового применения, делая ее целесообразной только для условий городского движения.

Параллельная схема ГСУ используется в моделях Honda Insight, Honda Civic, Mercedes-Benz S-400 Hybrid, BMW 7-Series Limousine Active Hybrid. При этой схеме ДВС соединен с валом механической трансмиссии, и на нем же вместо маховика установлен электромотор-генератор. Схема очень приближена к традиционному силовому агрегату с ДВС и механической трансмиссией. Автомобиль движется с помощью ДВС, вращая приводной вал механической трансмиссии и подзаряжая аккумулятор. При разгоне или других условиях, когда требуется максимальная

мощность, включается электромотор, и оба двигателя работают параллельно, их мощность суммируется. А при торможении электромотор, работающий в режиме генератора, возвращает энергию обратно в накопитель.

Схема достаточно проста, позволяет уменьшить мощность ДВС и снизить расход топлива без применения дорогостоящего накопителя и ограничения эксплуатационных качеств автомобиля. Недостаток тоже есть – как электромобиль такая схема практически не работает.

Смешанное расположение элементов ГСУ, примененное на первом серийном гибриде Toyota Prius, используется в марках Lexus, Ford, Mazda. Гибридная трансмиссия в этом случае имеет устройство распределения мощности PSD (Power Split Device), отвечающее за взаимодействие всех элементов при различных режимах движения, включающее ДВС, два электромотора-генератора (МГ1, МГ2), объединенных вместе с помощью планетарного механизма. Высоковольтная аккумуляторная батарея играет роль вторичного источника энергии (рис. 1). Схема может работать как последовательная – при малых скоростях движения, так и как параллельная – при резких ускорениях.

Принята и другая классификация вышеупомянутых схем. Некоторые компании разделяют гибриды на «мягкие» (mild hybrids), где вспомогательный источник энергии выступает только в роли ассистента, «полные» (full hybrids), способные некоторое время двигаться только на вспомогательном источнике энергии, и «подзаряжаемые» (plug-in hybrids).

На сегодняшний день достаточно сложно оценить состав и численность автопарка проданных гибридных автомобилей по всему миру. Существует лишь статистика продаж в отдельных странах и обособленно по компаниям. Обобщенной статистики явно недостаточно. Мало того, имеющаяся

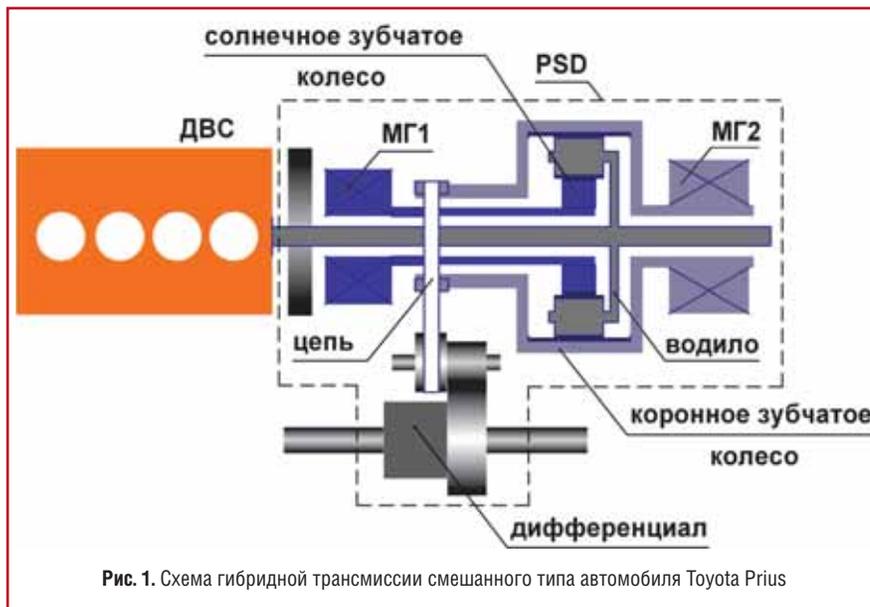


Рис. 1. Схема гибридной трансмиссии смешанного типа автомобиля Toyota Prius

информация часто носит необъективный, противоречивый характер. В этой связи сложность представляет исследование процесса развития мирового автопарка гибридных автомобилей и определение места, занимаемого в нем Россией.

Автором поставлена задача сгруппировать статистическую информацию об объеме продаж новых гибридных автомобилей по различным странам и миру в целом, а также сформировать общее представление о развитии глобального автопарка гибридов (таблица).

К настоящему времени наибольшее число гибридных автомобилей реализовано в США – более 2 млн. Причем данный сегмент рынка представлен разнообразными марками, основную часть которых составляют модели Toyota Prius (более 1 млн) [1] и вседорожники CUV (Crossover Utility Vehicle). Основное назначение гибридной схемы в таких машинах – улучшение динамических характеристик. Темпы роста продаж достигают 50 % в год.

Компания Ford, начиная с 2005 г., продала примерно 170 тыс. гибридных автомобилей [3]. При этом самым экономичным кроссовером на рынке вседорожников стал Ford Escape Hybrid с силовой установкой

смешанного типа, производимой по лицензии компании Toyota. Согласно официальным данным американской налоговой службы, переднеприводной Escape Hybrid имеет расход топлива в городе (по шоссе) – 6,9 (7,5) л/100 км, расход полноприводной версии – 8,1 (8,7) л/100 км.

Самым экономичным полноразмерным седаном на сегодняшний день в США является Ford Fusion Hybrid со средним расходом топлива 5,7 (6,5) л/100 км в городе (по шоссе).

В Европе автопарк гибридных автомобилей меньше, чем в США, поскольку интерес к ним появился только с 2007 г. С начала продаж и по итогам мая 2012 г. было продано около 800 тыс. гибридных автомобилей [4], из них 423 тыс. – гибридные легковые автомобили Toyota и Lexus, еще около 250 тыс. – автомобили Honda всех моделей. На сегодняшний день ежегодный объем продаж гибридных автомобилей в Европе составляет примерно 100 тыс. (0,7 % всех продаваемых автомобилей), при этом динамика роста продаж составляет около 25 % в год.

Назовем некоторые гибридные автомобили европейских производителей: гибридные вседорожники Audi Q5 и Audi Q7; дизельный гибрид Astra (Opel); гибридная модель

Статистика продаж новых гибридных автомобилей (ГА) по отдельным странам и всему миру, тыс. шт. * [2-5]

Показатели продаж ГА	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
США															
За год	-	-	-	9,4	20,3	36,0	47,6	84,2	209,7	252,6	352,3	312,4	290,3	274,1	268,9
Всего с начала продаж	-	-	-	9,4	29,7	65,7	113,3	197,5	407,2	659,8	1012,1	1324,5	1614,8	1888,9	2157,8
Япония															
За год	0,3	17,7	15,3	12,5	18,5	20,0	27,2	68,7	58,5	72,4	82,0	104,4	251,1	258,9	252,5
Всего с начала продаж	0,3	18,0	33,3	45,8	64,3	84,3	111,5	180,2	238,7	311,1	393,1	497,5	748,6	1007,5	1260,0
Европа															
За год	-	-	-	9,5	15,7	16,3	22,1	24,4	25,9	45,4	49,0	51,2	58,4	70,2	78,3
Всего с начала продаж	-	-	-	9,5	25,2	41,5	63,6	88,0	113,9	159,3	208,3	259,5	317,9	388,1	466,4
Канада															
За год	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	9,5	14,8	20,0	16,2	15,8	21,5
Всего с начала продаж	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3	11,8	26,6	46,6	62,8	78,6	100,1
Россия															
За год	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,6	0,8	0,9	1,5	2,1	3,1
Всего с начала продаж	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,9	1,7	2,6	4,1	6,2	9,3
Китай															
За год	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,9	1,2
Всего с начала продаж	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	1,5	2,7
Южная Корея															
За год	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,7	1,7	1,8	2,2	2,2	2,5
Всего с начала продаж	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	1,1	2,8	4,6	6,8	9,0	11,5
В мире															
За год	0,3	17,7	15,3	31,4	54,5	72,3	96,9	177,3	297,0	381,2	500,5	490,6	620,3	624,5	627,9
Всего с начала продаж	0,3	18,0	33,3	64,7	119,2	191,5	288,4	465,7	762,7	1144,0	1644,5	2135,1	2755,4	3379,9	4007,8

* Составлено автором по данным статистических сводок и отчетов из разных стран мира.

Kangoon (Renault); дизельный 3008 Hybrid 4 (Peugeot); Active Hybrid 7, X6 (BMW); S400, ML450 (Mercedes); Porsche Hybrid RS и др. Наиболее популярна в Европе модель Toyota Prius, на долю которой приходится более 80 % продаваемых гибридных автомобилей [4].

В Японии число гибридных автомобилей хотя и меньше, чем в США, зато они пользуются большей популярностью. За прошедшие 15 лет гибридные автомобили в этой стране неоднократно перекрывали по итогам месячных отчетов продажи традиционных автомобилей с ДВС. Сейчас их доля в совокупном объеме продаж всех легковых автомобилей составляет в среднем 17...20 % [5].

Что касается текущей статистики, то по итогам 2011 г. в Японии было продано около 250 тыс. гибридных автомобилей, из них 200 тыс. – компаниями Toyota, остальные – компаниями Honda и Mazda [5].

В список моделей Toyota входит около 20 гибридных версий. Компания Mazda самостоятельно не разрабатывает гибридные технологии, ей силовой агрегат поставляет Toyota.

По собственному пути пошла компания Honda. Ее ГСУ работают по параллельной гибридной схеме, однако по экономии топлива эти силовые установки уступают работающим по смешанной схеме ГСУ компании Toyota, зато значительно ниже их по стоимости.

Южнокорейская компания Hyundai в 2009 г. представила свою собственную разработку, выпускаемую серийно, – Hyundai LPI Hybrid с ГСУ, работающей на газе. Позже ее стали устанавливать на автомобили Kia Cerato. С 2011 г. в Южной Корее начались продажи еще одной гибридной модели – Optima. Других корейских серийно выпускаемых автомобилей пока нет, а компания Toyota только начинает продажи своих моделей в этой стране.

Китайская автомобильная промышленность делает ставку на

гибридные автомобили марки Bvd и Chery, массовые продажи которых начались в 2009 г. Активному развитию гибридных автомобилей в Китае способствует государственное стимулирование. Несмотря на это их доля в общем объеме продаж в КНР ничтожно мала: из 14,5 млн автомобилей, проданных в Китае в 2011 г., только 2713 – гибридные, а 5655 – электрические.

Массовые продажи гибридных автомобилей в России начались в 2005 г. с модели премиум класса Lexus. С начала продаж по конец 2011 г. через дилерские центры продано примерно 8400 таких автомобилей. Самый популярный в мире гибридный автомобиль Toyota Prius официально продается в нашей стране с 2009 г., по итогам 2011 г. их было продано около 400 шт.

К настоящему времени общее число моделей официально продаваемых в России гибридных автомобилей увеличилось до 11. Среди них: Lexus RX 450h, GS 450h, LS 600h L, CT 200h; Mercedes S400, ML 450; BMW Active Hybrid 7, X6; Toyota Prius; Porsche Hybrid RS; Cadillac Escalade Hybrid. Темпы роста числа

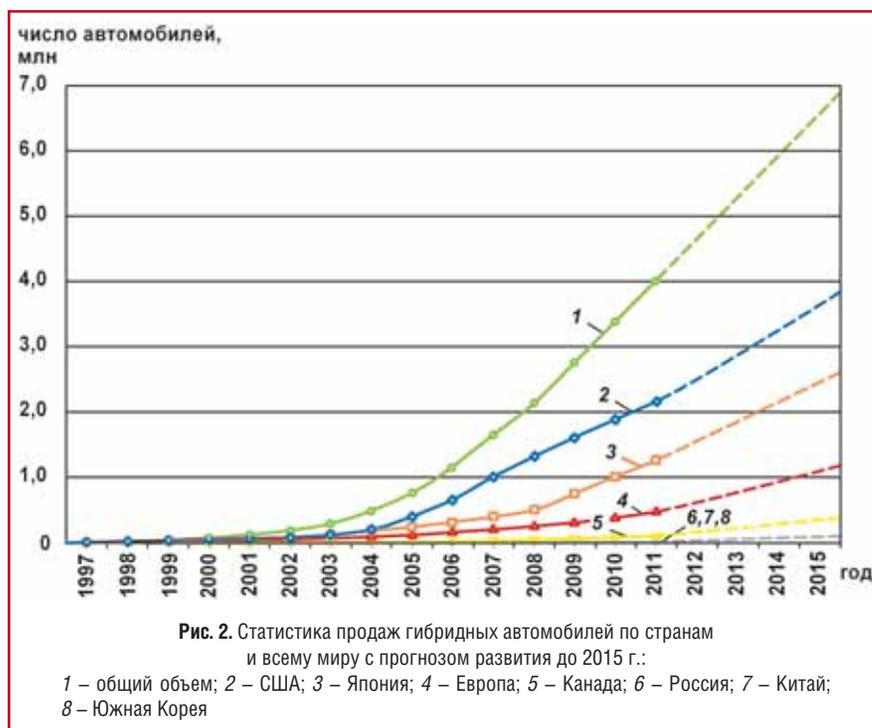
официально продаваемых в России гибридных автомобилей растут.

В планах отечественных производителей – начать производство автомобилей с ГСУ. Ведутся испытания перспективных моделей автомобиля ВАЗ с ГСУ, работающей по параллельной схеме, причем передние ведущие колеса приводятся в действие ДВС и электромотором, задние – только электромотором.

Таким образом, согласно собранным данным за 15 лет существования гибридных технологий в мире было продано более 4 млн автомобилей с ГСУ. При этом динамика продаж является устойчивой и имеет тенденцию к росту.

На основании таблицы построен график изменения числа проданных гибридных автомобилей в отдельных странах и по всему миру (рис. 2).

Из графика следует, что темпы роста численности мирового автопарка гибридных автомобилей увеличиваются – каждые 5 лет примерно на 3 млн. С учетом существующих тенденций к 2015 г. автопарк гибридных автомобилей может достичь 7 млн. При этом ежегодные продажи гибридов будут составлять около 10 %



общего числа всех продаваемых в мире автомобилей.

В мировом автопарке наибольшее распространение получили гибридные автомобили со смешанным типом ГСУ (full hybrids), установленных под капотом Toyota Prius, Toyota Highlander Hybrid, Toyota Camry Hybrid, Ford Escape Hybrid, Lexus RX400/450h, Lexus HS 250h, Lexus CT 200h. Их доля по отношению ко всему автопарку гибридов достигает 80 % (рис. 3).

Самым популярным гибридным автомобилем во всем мире на сегодняшний день является модель Prius компании Toyota, занимающая более 50 % автопарка [5]. Его стоимость в США составляет 19...22 тыс. долл., в России эта модель стоит значительно дороже – примерно 35 тыс. долл., из них около 12 тыс. долл. – таможенные пошлины. Самым доступным серийным гибридным автомобилем в мире является Honda Fit, его стоимость в Японии – 18,6 тыс. долл. США.

К основным преимуществам гибридных автомобилей, способствующим их распространению, по мнению покупателей, можно отнести следующие:

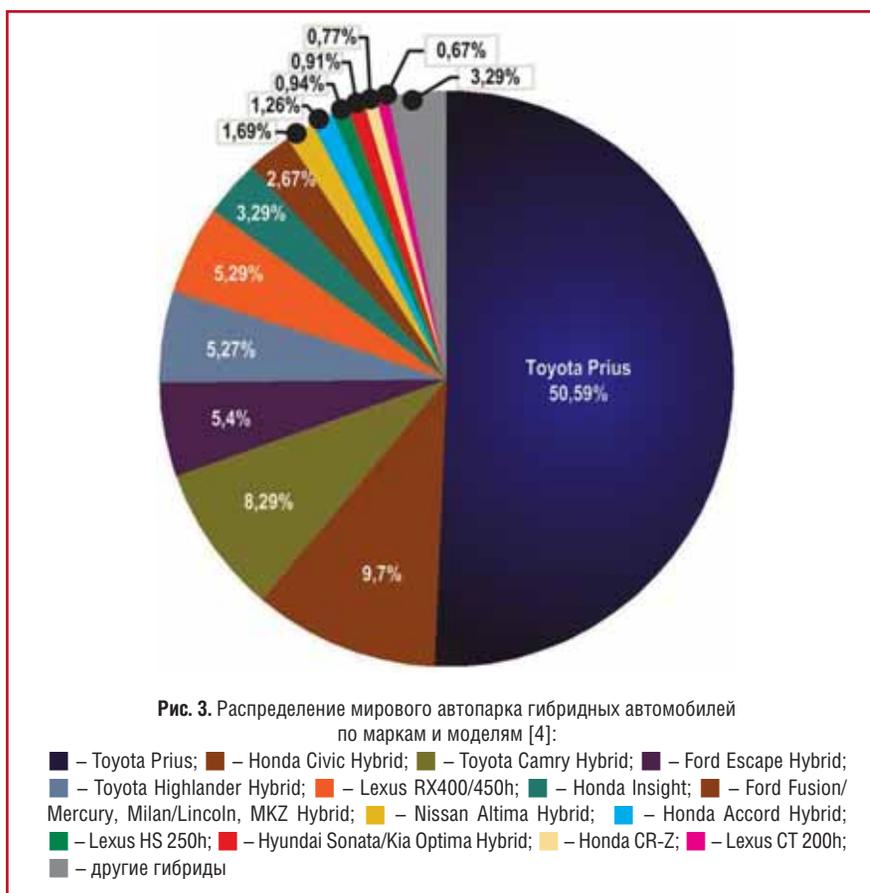
- **Низкий расход топлива при эксплуатации в городском режиме движения и экологичность автомобиля.** Средний расход топлива гибридных легковых автомобилей составляет 6,5 (4,8) л/100 км в городском/загородном режиме движения. Для полноприводных гибридных автомобилей 10,6/7,6 л/100 км.

- **Использование передовых технологий будущего.** Конструкцию ГСУ, кардинально отличающуюся от традиционной силовой установки, можно назвать таковой.

- **Ходовые характеристики и высокий комфорт**

- динамика разгона улучшается благодаря тому, что электродвигатели развивают максимальный крутящий момент из состояния покоя;

- гибридная трансмиссия всегда имеет бесступенчатое или автомати-



ческое переключение передач, что удобно для движения в городском режиме;

- как правило, гибридные автомобили обладают широким набором опций в стандартных комплектациях – навигационной системой, климатической установкой, передними и задними подушками безопасности, автоматическим включением фар и стеклоочистителей, электроусилителем руля, антипробуксовочной системой, системой курсовой устойчивости, бесключевым доступом в салон, опциями для зимней эксплуатации и др.;

- подвеска гибридного автомобиля более комфортна, так как масса неподрессоренных элементов кузова уменьшена, что стало возможным благодаря применению рекуперативного торможения, снимающего до 80 % нагрузки на фрикционные тормозные механизмы.

- **Высокая надежность.** Исследования эксплуатационной надежности позволили определить

закономерности изменения технического состояния гибридного автомобиля Toyota Prius. Вероятность проявления любой неисправности гибридной трансмиссии среди исследуемой выборки гибридных автомобилей при пробеге 100 тыс. км составляет всего лишь 0,15. Для сравнения – у силовой установки типичного автомобиля эта величина на том же пробеге приближается к 1,0. Срок службы дорогостоящих элементов гибридной трансмиссии составляет 8-10 лет. Большая часть гибридных автомобилей, выпущенных до 2000 г., эксплуатируется без серьезных неисправностей. Отказы высоковольтной батареи ГСУ возникают в основном из-за неправильной эксплуатации автомобиля, например, при езде без бензина, отказы по причине старения очень редки [6].

Проблемы, препятствующие распространению гибридных автомобилей:

- **Стоимость.** Высоковольтная батарея, инверторы и электромоторы-генераторы силовой установки увеличивают стоимость автомобиля на 30 %.

- **Недостаточное техническое сопровождение эксплуатируемых гибридных автомобилей со стороны ведущих автопроизводителей.**

Инженерно-технический персонал станций технического обслуживания не располагает возможностями для качественного обслуживания и ремонта. К тому же трудности, возникающие при эксплуатации гибридных автомобилей [6], снижают интерес покупателей, что неизбежно замедляет обновление мирового автомобильного парка за счет современных моделей транспортных средств.

Ведущие автомобильные компании продолжают совершенствовать технологии гибридных автомобилей, делая их доступными для большего числа покупателей. Несмотря на это конкурировать гибридам с ДВС сложно, основное их преимущество – низкий расход топлива – перекрывается завышенной (примерно на 25 %) стоимостью и таможенными пошлинами в четверть цены автомобиля, делающими выбор в пользу гибрида нецелесообразным. Понимая, зачем нужны экологичные и экономичные автомобили, правительства европейских стран, США, Китая, Японии и др. стран ведут активную политику

в направлении развития гибридных технологий на этапе производства, осуществляют частичное субсидирование затрат владельцу при покупке, снижают налоговые ставки за эксплуатацию и предоставляют другие преференции владельцам этих автомобилей.

Литература

1. Статистика продаж гибридных автомобилей [Электронный ресурс] // Транспортные средства на альтернативном топливе. – Режим доступа: <http://www.afdc.energy.gov/afdc/data/vehicles.html>.
2. Статистика продаж гибридных автомобилей [Электронный ресурс] // Отчет по продаже новых гибридных автомобилей. – Режим доступа: <http://www.hybridcars.com/news/december-2011-dashboard-sales-still-climbing-35093.html>.
3. Сведения о зарегистрированных гибридных автомобилях [Электронный ресурс] // Департамент энергетики США. – Режим доступа: <http://www.doe.gov>.
4. Сведения о продажах новых гибридных автомобилей [Электронный ресурс] // Сайт гибридных автомобилей. – Режим доступа: <http://www.hybridcars.com/news/march-2012-dashboard-44059.html>.
5. Динамика изменения общего числа гибридных автомобилей Toyota [Электронный ресурс] // Сайт компании Toyota. – Режим доступа: <http://www.toyota.co.jp/en/kids/eco/hybrid.html>.
6. **Раков, В.А.** Методика оценки технического состояния гибридных силовых установок автомобилей: дис. ... канд. техн. наук / В.А. Раков. – Вологда, 2012. – 169 с.

Электромобили на «Транспортной неделе 2012»

В декабре 2012 г. Москва принимала участников «Транспортной недели». В рамках этого мероприятия состоялись VI Международный форум и выставка «Транспорт России».

«Транспортная неделя» стала основной площадкой для обсуждения вопросов обновления Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г., а также ключевых проблем функционирования всех видов транспорта. В дискуссии приняли участие руководители крупнейших компаний, Министерства транспорта РФ и профильных органов государственного управления.

Мероприятие традиционно является одним из наиболее значимых

событий года для международного транспортного сообщества.

На выставке «Транспорт России» компания «Револьта» представила три электромобилей: Mitsubishi i-MiEV, Chevrolet Volt, а также легкий коммерческий электромобиль Smith Electric Edison, который является единственным сертифицированным в России электромобилем в своем классе. Специалисты компании продемонстрировали процесс заправки электромобилей от зарядных станций в условиях мегаполиса. Представленные зарядные станции собственной разработки позволяют не только заряжать электромобили, но и создавать интерактивную рекламную сеть, разворачивать

интеллектуальную парковку, оказывать ряд дополнительных сервисов (WiFi, тревожная связь и пр.).

«Сегодня электротранспорт является одним из приоритетных направлений инновационного развития, и участие нашей компании в таком знаменитом для транспортной отрасли мероприятии – еще одно подтверждение этому, – сказал коммерческий директор ООО «Револьта» Григорий Юркин. – Электромобили и зарядная инфраструктура, которые развивает «Револьта» в России, востребованы, интересны и перспективны, чему свидетельствует стабильный рост сети зарядных станций Revolta и интенсивное расширение регионального присутствия через партнеров по всей России. Напомню, что уже сегодня сеть включает в себя 45 станций, причем не только в Московском регионе».

www.revolta.ru

Электротранспорт и его интеграция в интеллектуальные сети будущего

Д.Ю. Цыпулев, зам. руководителя дирекции ОАО «МОЭК», к.т.н.

Освещены различные аспекты массового использования электромобилей в условиях современного мегаполиса и описаны его энергосистемы. Рассмотрены преимущества перехода на электротранспорт с точки зрения экологической обстановки, повышения энергоэффективности, снижения стоимости жизненного цикла транспорта и балансирующего воздействия на энергосистему мегаполиса. Указаны основные недостатки электротранспорта. Оценены перспективы и возможные сдерживающие факторы роста парка электромобилей.

Ключевые слова: электромобили, гибриды, график сетевой нагрузки, зарядные станции, инфраструктура для зарядки электромобилей, сетевые компании.

Значимыми тенденциями развития транспортной отрасли являются популяризация и массовый запуск электромобилей. А это, в свою очередь, является очень серьезным вызовом для энергетической отрасли. Сегодняшний уровень развития технологий позволяет создавать и серийно производить практически полный спектр электромобилей, охватывающий все сегменты авторынка, в частности:

- персональные средства передвижения;
- легковые электромобили и седорозетки;
- микроавтобусы;
- автобусы;
- грузовые автомобили;
- спецтехника.

При этом наибольшей популярностью сегодня пользуются электромобили (EV – Electric Vehicle) и подключаемые гибридные электромобили (PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle). Среди PHEV наиболее перспективными считаются модели, в которых двигатель внутреннего сгорания (ДВС) приводит в действие генератор. Последний в свою очередь заряжает батарею, от которой питается электромотор, приводящий PHEV в движение. Такая

схема называется последовательным гибридом, или электромобилем с увеличенным пробегом (REEV – Range Extender Electric Vehicle).

В области коммерческого транспорта EV имеют уже достаточно длительную историю использования, прежде всего в виде небольших автобусов и грузовых автомобилей, используемых для служб доставки персонала компаний и товаров. Также они очень популярны в качестве складского и аэропортового транспорта (рис. 1).

С 2010 г. крупные мировые концерны Renault-Nissan, GM, Mitsubishi, Ford и др. приступили к серийному производству легковых EV, рассчитанных на массового потребителя. В результате многолетних многомиллиардных вложений в исследования и разработки в области EV свет увидели такие модели как Nissan Leaf, Chevrolet Volt, Mitsubishi i-MiEV, Renault Fluence ZE и Renault Kangoo ZE. Примечательно, что это первые образцы массовых электромобилей, которые успешно конкурируют со своими собратьями, оснащенными ДВС, практически по всем показателям – комфорту, динамике, экономичности, удобству эксплуатации и в ближайшей перспективе

цене. При этом благодаря развитым программам стимулирования их приобретение становится еще и очень выгодным для жителей Европы и США за счет целевых субсидий и экономии на налогах.

Рассмотрим главные преимущества этих электромобилей.

1. Отсутствие загрязнения окружающей среды. Важно отметить, что сам по себе электромобиль является экологически чистым на 100 %, так как не производит никаких выбросов в атмосферу. Однако при выработке электроэнергии, необходимой для зарядки его батареи, происходят выбросы вредных веществ и парниковых газов в атмосферу, если речь идет о газовой или угольной генерации. В тех регионах, где преобладает атомная или гидрогенерация, такие выбросы отсутствуют полностью. Возможность использовать возобновляемую микрогенерацию (ветер и солнце) непосредственно в местах зарядки машин, например, на крышах паркингов, в тех регионах, где инсоляция и скорость ветра достаточны, позволяет говорить о полной безопасности для окружающей среды.

К сожалению, далеко не везде есть ветер и солнце в достаточном



Рис. 1. Электромобили:
 а – Mitsubishi i-MiEV; б – Nissan Leaf; в – Chevrolet Volt; г – Smith Electric Edison Panel Van

количестве, поэтому было проведено сравнение экологичности электро-мобиля и машины с двигателем внут-реннего сгорания для конкретной территории (Москва и Московская обл.), где при генерации в основном используется газ. Расчет проводился по следующей методике: были взяты официальные данные по выбросам на электростанциях, находящихся в Московской обл., затем по каждому вредному веществу было рассчита-но удельное количество выбросов на 1 кВт·ч выработанной энергии. Далее при известном среднем рас-ходе энергии на 1 км при движении

электромобиль сравнивались выбро-сы и удельные затраты энергии.

Как видно из табл. 1, электро-мобиль даже с учетом выбросов на электростанции все равно остается в среднем в 2 раза экологичнее сво-их аналогов с ДВС. При этом надо отметить, что сравнивались маши-ны компакт-класса. С увеличением габаритов электромобиля его эконо-мичность (расход энергии) воз-растает незначительно, но в то же время для автомобилей с ДВС верно обратное – чем больше машина, тем более мощный двигатель, как прави-ло, в ней установлен, и она расходует

существенно больше топлива, чем машина меньших габаритов.

По данным JHFC (Mitsubishi Motors), экономия на выбросах углекислого газа еще более существенна (рис. 2).

Завершая тему экологичности, сто-ит отметить, что основной источник загрязнения атмосферы в крупных го-родах – автотранспорт с двигателями внутреннего сгорания. На его долю приходится до 90 % загрязнений. Вы-бросы от автотранспорта происходят в приземном слое атмосферы, что на-иболее губительно для человека, в то время как выбросы от электростан-ций имеют гораздо больший радиус

Таблица 1

Показатели	Электромобиль Mitsubishi i-MiEV	Mitsubishi Colt	Chevrolet Spark
Объем двигателя, л	–	1,1	1
Мощность двигателя, кВт	49	55	50
Расход энергии, Вт·ч/км	150	641,7	650,8
топлива, кг у.т./100 км	6,23	10,43	10,58
Выбросы, г/100 км			
CO ₂	10070	21040	17740
NO _x	10,57	18	18
CO	0	200	200

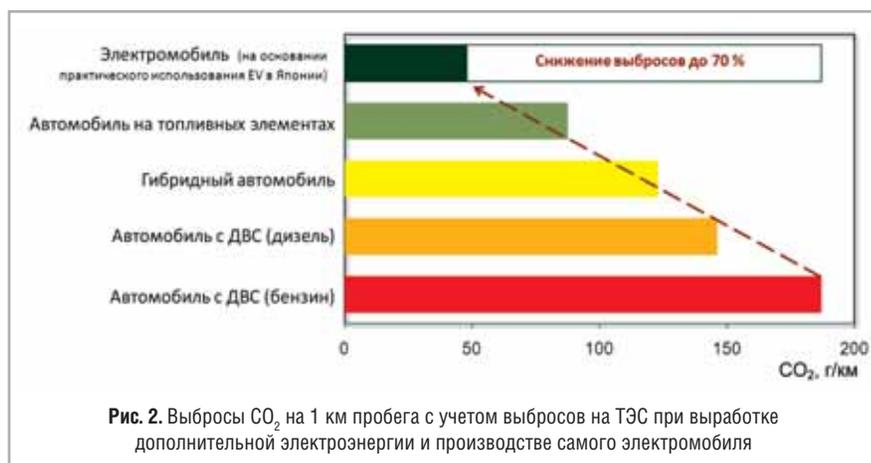


Рис. 2. Выбросы CO₂ на 1 км пробега с учетом выбросов на ТЭС при выработке дополнительной электроэнергии и производстве самого электромобиля

рассеивания и начальную высоту выхода в атмосферу, что в итоге дает гораздо меньшие концентрации в приземном слое атмосферы, которым дышат жители. Поэтому электромобили могут помочь не только существенно снизить количество вредных выбросов, но и уменьшить их вредное влияние на жителей городов.

2. Высокая энергоэффективность EV. Существенно более высокая эффективность электромобилей обуславливает более низкую стоимость 1 км пробега по сравнению с аналогами, оборудованными ДВС. КПД электромотора существенно выше ДВС, что в экономическом выражении дает очень большое преимущество электромобиля по стоимости 1 км пробега.

Результаты расчетов сравнения стоимости 1 км пробега (на 1 июня 2012 г.) приведены в табл. 2*.

Из расчета видно, что 1 км пробега на электромобиле дешевле в 23 раза (при зарядке по ночному тарифу в Москве).

3. Существенно более низкая стоимость обслуживания и владения. В электромобиле очень мало движущихся частей, система управления двигателем существенно проще, нет сложной коробки передач, масла в двигателе, масляных фильтров,

громоздкой системы охлаждения двигателя и т.д. Все обслуживание электромобиля сводится к компьютерной диагностике батареи, регламентным работам по подвеске и замене тормозных колодок, что требуется гораздо реже из-за рекуперативного торможения.

4. Отсутствие шумового загрязнения. Электромобили практически бесшумны, лишь на значительной скорости появляется шелест от покрышек и аэродинамический гул, поэтому при движении по городским улицам они создают минимум шума. А ведь именно постоянный повышенный шумовой фон наиболее негативно сказывается на психике людей и может вызывать переутомление или депрессию.

5. Возможность повышения эффективности использования сетевой инфраструктуры. Электромобили способны увеличить коэффициент загрузки сети, заряжаясь ночью, когда происходит спад потребления, и таким образом повысить

эффективность всей энергосистемы (рис. 3).

Важно отметить, что в большинстве стран производство электромобилей воспринимается как новая высокотехнологичная отрасль, которая является симбиозом транспорта, энергетики и информационных технологий. Целенаправленные инвестиции в этот вид транспорта как в новую отрасль во многих государствах создают новые виды товаров/услуг и, как следствие, новые рабочие места, при этом решаются важные экологические и социальные проблемы.

Если говорить о недостатках EV, препятствующих их повсеместному распространению, то на сегодняшний день можно выделить следующие.

1. Отсутствие развитой инфраструктуры зарядных станций.

Отсутствие зарядной станции в радиусе ближайшего квартала создает определенный дискомфорт для пользователей EV, сокращая эффективную продолжительность поездок.

2. Длительное время зарядки.

Сегодня полная зарядка электромобиля занимает 6...8 ч, что для ночного времени вполне приемлемо, однако это серьезное ограничение при необходимости подзарядиться днем. Продолжительность зарядки лимитируется двумя основными факторами: мощностью инвертора в машине (зарядка от станции переменного тока) и мощностью зарядной станции.

В настоящее время в Москве и Московской обл. развивается универсальная зарядная инфраструктура с

Таблица 2

Показатели	Аи-95	Тариф электроэнергии	
		дневной	ночной
Цена бензин, руб./л	29	–	–
электроэнергия, руб./кВт.ч	–	3,8	0,67
Стоимость пробега, руб./км	2,32	0,57	0,10

Примечание. Расход для ДВС принят 8 л/100 км в городском цикле; стоимость бензина Аи-95 взята усреднено.

* Материалы проекта МОЭСК EV (Режим электронного доступа: <http://revolta.ru/ru/moesk>).



мощностью зарядных станций – переменного тока до 22 кВт и постоянного тока до 50 кВт. При этом в серийных электромобилях сегодня используются инверторы мощностью 3,3 кВт. Из этих цифр понятно, что не станция зарядки и не сама батарея являются ограничивающим фактором, а всего лишь инвертор, находящийся на борту машины и отвечающий за преобразование переменного тока от зарядной станции в постоянный ток для зарядки батареи. Но уже в следующем поколении электромобилей мощность инвертора будет увеличена до 7,2 или 12 кВт (у разных производителей разные планы). При средней емкости батареи 16...26 кВт·ч подзарядить батарею скоро можно будет в 2-3 раза быстрее, чем это происходит сейчас. В то же время уже сегодня станции быстрой зарядки постоянным током позволяют за 15...20 мин зарядить батарею до 80 % емкости. В этом случае батарея получает постоянный ток напрямую от зарядной станции, и инвертор не используется. Такая возможность существует, например, у Mitsubishi i-MiEV и Nissan Leaf.

Альтернативой также является использование технологий быстрой смены батарей на специализированных зарядных станциях, где разряженную батарею меняют на заряженную в течение 1...3 мин, что сопоставимо со временем заправки обычного

автомобиля, оснащенного ДВС. Однако такая инфраструктура очень дорога, и не все электромобили поддерживают такую возможность.

3. Относительно малый пробег на одной зарядке. Большинство легковых серийных электромобилей сегодня имеют эффективный пробег на одной зарядке от 80 до 300 км. Этот параметр зависит от стиля и условий езды, температуры воздуха, использования кондиционера и обогревателя салона. В среднем в год емкость вновь производимых батарей увеличивается на 7 %, то есть даже при отсутствии технологических рывков в течение 5 лет электромобили вполне могут сравняться с транспортными средствами, оснащенными ДВС, по дальности пробега на одной зарядке. Для электромобилей класса REEV этой проблемы вообще не существует, их дальность пробега не уступает обычным машинам.

4. Все еще высокая стоимость. Так как серийный выпуск EV только начался, то на первом этапе (2...4 года) их стоимость будет выше

аналогов с ДВС, однако потом неизбежно ее снижение, поскольку электромобили конструктивно существенно проще и состоят из меньшего числа деталей (табл. 3). Кроме того, в цене EV сегодня существенную долю составляет стоимость батареи. По мере внедрения новых типов аккумуляторных батарей, а также расширения их производства будет снижаться и их стоимость.

5. Поведенческая модель использования электромобиля. Это, пожалуй, является одним из самых серьезных барьеров на пути развития электротранспорта. Для водителей привычнее понятие «бак», а не «батарея». Часто водители ездят до того момента, пока не загорается лампочка на указателе топлива, и лишь тогда едут на заправку, заливают полный бак и ездят до следующего «пустого бака». С электромобилем такой метод не подходит. К машине с батареями следует относиться так же, как к ноутбуку или к сотовому телефону. Обычно эту электронную технику подзаряжают, когда под рукой есть зарядка (на работе на столе, дома около кровати, в машине от прикуривателя).

Современные литий-ионные аккумуляторы лишены проблемы эффекта памяти, поэтому не нужно их полностью разряжать, а потом полностью заряжать, это даже вредно для батарей этого типа. Оптимальный режим эксплуатации для них – пополнение и поддержание зарядки в границах 50...80 %. В таких условиях срок службы батарей будет максимальным, а скорость деградации – минимальной. Именно таким образом следует

Таблица 3

Электромобиль	Стоимость		Государственная субсидия
	аналога с ДВС	электромобиля с учетом субсидии	
Nissan Leaf	\$ 19910	\$ 32750	\$ 7500
Chevrolet Volt	\$ 16525	\$ 32780	\$ 7500
Renault Fluence ZE	€20150	€21300	€5000



обращаться и с электромобилем, подзаряжая его каждый раз, когда есть такая возможность. Зарядку можно прерывать в любой момент, это не вредит батарее, и раз в несколько дней заряжать ее полностью. Не следует ездить до тех пор, пока батарея полностью не разрядится, – этот способ не для электромобилей.

Прогнозы развития рынка электромобилей в мире

Сегодня все прогнозы развития рынка EV носят достаточно консервативный характер. Есть общее понимание, что основным сдерживающим фактором его роста является отсутствие инфраструктуры для эксплуатации электромобилей, прежде всего – развитой сети заправочных станций. В этих прогнозах, в частности, фигурируют следующие цифры по числу EV (млн ед.) на 2015 г.:

- США – 1;
- Великобритания – 0,48;
- Китай – 0,5.

Есть оценка, что в Италии к 2020 г. количество EV или PHEV составит 15 % всех новых автомобилей.

Все проекты развития инфраструктуры для EV на первом этапе основываются на том, что на каждый EV должно приходиться в среднем 2...4 заправочные станции. Так, один из самых крупных проектов по созданию инфраструктуры EV в США – The EV Project на 8500 ед. – предполагает создание 14 960 зарядных станций всех типов в дополнение к тем, что уже существуют на территории 16 вовлеченных в проект штатов.

Во всем мире в создании инфраструктуры для электромобилей участвуют энергокомпании, прежде всего те, которые занимаются распределением электроэнергии. Например, общеевропейский проект G4V по созданию универсальной инфраструктуры для электротранспорта объединяет компании ENEL, ENDESA, VATTENFALL,

EDF, EDP и RWE, то есть крупнейших европейских игроков на рынке распределения электроэнергии.

Для них электромобиль может стать новым видом бизнеса или потенциальным источником проблем, связанных с нехарактерными нагрузками на сеть. Но у них не остается выбора, кроме как возглавить процесс популяризации электротранспорта.

При правильном проектировании и запуске инфраструктуры для электромобилей она строится на принципах smart grid, где зарядные станции, система управления зарядкой и сами EV связаны с энергокомпанией и могут ею управляться для решения следующих задач энергосистемы:

- повышения эффективности использования сетевой инфраструктуры;
- выравнивания пиковых нагрузок;
- развития сетевой интеллектуальной инфраструктуры в соответствии с будущими потребностями EV (smart charging).

Если развитие EV будет проходить без активного участия энергокомпаний в создании инфраструктуры, то эта инфраструктура и новые виды незапланированных нагрузок могут существенно повлиять на надежность и качество энергоснабжения.

Существует еще одно опасение, часто озвучиваемое скептиками. Они говорят, что в какой-то момент при определенном числе электромобилей не хватит существующих генерирующих мощностей и пропускной способности электрических сетей для того, чтобы заряжать аккумуляторы электромобилей. И даже приводятся расчеты на эту тему. Хотелось бы развеять эти мифы и привести несколько цифр.

Не имеет смысла ориентироваться на емкость батарей электромобилей, она, безусловно, будет расти, однако это не играет роли с точки зрения энергосистемы. Также нерелевантно значение мощности, которую

способны передать зарядные станции в батарею электромобиля, так как это значение либо ограничивается возможностями электромобиля принять эту энергию, либо может быть ограничено путем технологического управления сетью зарядных станций со стороны сетевой компании. Единственные цифры, которые можно принимать в расчет, это энергозатраты на 1 км пробега. На сегодня эта цифра для легковых электромобилей составляет 150...300 Вт·ч на 1 км пробега в зависимости от стиля езды, температуры окружающего воздуха и включенных отопителя или кондиционера. Если принять, что в среднем машина проезжает 20 тыс. км/год, то такая машина будет потреблять от 3000 до 6000 кВт·ч/год. Если в целом за год потребность в этой энергии будет равномерна, то необходимо около 17 кВт·ч/сут. Если большую часть энергии батареи машин будут получать именно во время ночной зарядки, то за 6 ночных часов нужно подвести всего 3 кВт для зарядки электромобиля.

В настоящее время в московской энергосистеме не востребовано около 5,5 ГВт мощности, которую можно использовать для зарядки электромобилей. Ее достаточно (по самому консервативному расчету) для зарядки более 1,8 млн электромобилей. С учетом того, что число машин в столице превышает 4 млн, дефицит в мощности появится очень и очень скоро.

В заключение хотелось бы отметить, что существующие мировые тенденции четко указывают на то, что электромобили становятся частью повседневной жизни. И единственное, что будет отличать разные страны, это лишь скорость проникновения этого вида транспорта на дороги, которая напрямую будет зависеть от мер государственной поддержки, инициативы энергокомпаний и смелости потребителей, готовых к использованию новых технологий.

Развитие зарядной инфраструктуры для электротранспорта

ОАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ФСК ЕЭС) объявило о создании общероссийской программы по развитию зарядной инфраструктуры для электротранспорта в Российской Федерации на период 2013-2015 гг. Об этом заявил первый заместитель председателя правления ОАО «ФСК ЕЭС» Р. Бердников на Всероссийской конференции «Перспективы реализации программы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта в РФ», прошедшей в Москве.

Программа предусматривает системное участие электросетевого комплекса в развитии рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры и будет ориентироваться на опыт проекта «МОЭСК-EV». По словам Р. Бердникова, сформирована рабочая группа и разработан детальный план действий, который будет окончательно утвержден в первом квартале 2013 г., так как при реализации проекта необходимо учесть не только потребности потребителей, но и рассчитать перспективную нагрузку на сеть.

«Создание зарядной инфраструктуры для электротранспорта – одно из приоритетных направлений деятельности компании МОЭСК, – отметил П. Синютин, руководитель Московской объединенной электросетевой компании. – Мы на своей технологической платформе готовы внедрить решения, которые будут приняты в рамках общероссийской программы. Кроме того, компания продолжит финансирование опытных конструкторских разработок в этой области, востребованных сегодня на рынке».

Итоги первого этапа проекта «МОЭСК-EV» показали, что зарядная инфраструктура эффективно работает. В перспективе в течение следующих 3-5 лет планируется перевести треть автопарка компании на автомобили с электродвигателями.

В рамках конференции было заявлено о намерении системного участия электросетевого комплекса в развитии рынка электромобилей и зарядной инфраструктуры. Основным направлением программы является создание доступной (для личных и коммерческих электромобилей) и специализированной (для общественного транспорта) зарядной инфраструктуры, а также массовое применение электромобилей для производственных нужд электросетей. Помимо этого, реализация программы позволит стимулировать инновационную деятельность, коммерциализацию результатов НИОКР электросетевого комплекса, развитие отечественной автомобильной и нанотехнологической промышленности.

В рамках программы будут сформированы планы по развертыванию инфраструктуры с учетом климатических и географических особенностей европейской территории РФ для городов с населением свыше 500 тыс. чел. Также предполагается соотнести планы по развертыванию инфраструктуры с планами автопроизводителей по представлению на российский рынок электромобилей и подключаемых гибридов. Для реализации проекта будут привлечены партнеры, работающие на рынке электротранспорта и сетевой интеллектуальной инфраструктуры в РФ и за рубежом.

В основу программы ляжет опыт исследовательского проекта «МОЭСК-EV», который с 2011 г. осуществляет ОАО «МОЭСК» совместно с крупнейшими игроками на рынке электромобилей и зарядной инфраструктуры. Целью данного проекта, разработанного с учетом мировых тенденций развития автомобильной промышленности и сетевой интеллектуальной инфраструктуры (Smart Grid), является обеспечение эффективной эксплуатации энергосетей при массовом внедрении электротранспорта в РФ.

О проекте «МОЭСК-EV»

Проект реализовывался на территории обслуживания ОАО «МОЭСК» в Москве и Московской обл. На первом этапе его реализации были установлены и запущены в эксплуатацию 28 зарядных станций, 25 из которых – станции переменного тока, а три – станции экспресс-зарядки постоянного тока стандарта CHAdeMO. Зарядные станции установлены на территории корпоративных парков объектов МОЭСК, дилерских центров компании ООО «РОЛЬФ-Импорт», инновационного центра «Сколково», ТРК «Город». Для широкого доступа открыты 26 зарядных станций, в том числе экспресс-зарядки. Все станции объединены в единую сеть под управлением коммерческого оператора ООО «Револьта», которое

осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения с возможностями удаленного управления. Функционирует служба технической поддержки пользователей.

В результате реализации первого этапа проекта «МОЭСК-EV» были получены экспериментальные данные о работе электромобилей и зарядных станций с учетом климатических и дорожных условий, о выравнивании пиковых нагрузок как элемента реализации стратегии внедрения Smart Grid в России, а также разработаны подходы к стандартизации зарядных станций и устройств в стране. Кроме этого, была разработана бизнес-модель участия сетевой распределительной компании в рынке зарядной инфраструктуры. В соответствии с данной бизнес-моделью планируется в течение следующих 6 лет развернуть на территории Москвы и области сеть из 2260 зарядных станций, в том числе 310 комплексов экспресс-зарядки.

Вторым этапом проекта станет разработка технологии ультрабыстрой подзарядки для современного общественного электротранспорта (электробусы), что сделает экономически эффективной замену дизельных автобусов и троллейбусов на современные модели электробусов. Замена парка дизельных автобусов является актуальной задачей в контексте улучшения экологической обстановки в крупных городах, где более 90 % загрязнения воздуха приходится на транспорт. Кроме того, по мнению экспертов, контактный (традиционный неавтономный) электротранспорт является одной из существенных причин образования пробок в мегаполисах, так как обычные трамваи и троллейбусы слишком медлительны. Помимо этого, они неэффективны с точки зрения потребления электричества.

Транспортная система с использованием станций ультрабыстрой подзарядки, разрабатываемых в рамках проекта «МОЭСК-EV», позволит использовать электробусы в таких же режимах эксплуатации, как у дизельных автобусов или троллейбусов, практически без ограничения суточного пробега и продолжительности ночной стоянки.

Также второй этап предусматривает продвижение зарядной инфраструктуры в регионы. В рамках федерального пилотного проекта «Электротранспорт» готовятся первые комплексные проекты по массовому применению электробусов в Московской обл., Казани, Новосибирске и Ставропольском крае. Расширение проекта «МОЭСК-EV» и новая программа ОАО «ФСК ЕЭС» позволят подготовить российскую энергетическую инфраструктуру к ожидаемому росту спроса на электротранспорт в потребительском и производственном сегментах экономики, решив при этом проблему «энергетических пиков» потребления за счет системы Smart Grid. Так, определенное число электромобилей, поставленных одновременно на ночную зарядку, и использование накопителей энергии, способных забирать ее ночью и выдавать днем, в состоянии сгладить перепады нагрузки в энергосетях.

Для развития электротранспорта и зарядной инфраструктуры, как

считают в ОАО «МОЭСК», потребуются реализация ряда законодательных инициатив. Среди них: снятие ограничений на реализацию электроэнергии для заправки батарей электромобилей; установление упорядоченного порядка технического присоединения к электрическим сетям объектов зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электрическими двигателями; меры, направленные на стимулирование развития объектов зарядной инфраструктуры и замещение части автомобильных парков, использующих транспортные средства с ДВС, транспортными средствами на электротяге; снижение налогообложения на импорт транспортных средств с электродвигателями, а также узлов, агрегатов и деталей к ним.

Приступив к развитию зарядной инфраструктуры в ближайшее время, Россия сможет оставаться в русле мировых тенденций развития электротранспорта. По прогнозам мировых экспертов, к 2020 г. доля электротранспорта может достичь 5...10 % общего числа автомобилей в мире.

В России, по оптимистичным прогнозам, к 2020 г. может использоваться около 200 тыс. машин с электродвигателями. По оценке ОАО «МОЭСК», парк электротранспорта в Московском регионе к этому времени составит от 50 до 110 тыс. машин различного типа.

Справка

Начиная с 2009 г. на рынки различных стран поставлено более 30 различных моделей подключаемых гибридов и электромобилей. В России первые электромобили появились в 2011 г. Массовое развертывание зарядной инфраструктуры для транспорта нового типа в мире началось в 2010 г., реальное массовое производство оборудования – в конце 2011 г. В Японии число станций экспресс-зарядки составляет 1366 ед., в Европе – 242, в других регионах – 85. На территории РФ функционируют 5 станций экспресс-зарядки. В мировой практике станции экспресс-зарядки устанавливаются на шоссе, вдоль вылетных магистралей, на традиционных АЗС и в крупных торгово-развлекательных центрах.

По материалам пресс-релиза оргкомитета конференции

Новости из-за рубежа

Финляндия

Финское отделение судостроительной компании STX в Турку передало заказчику (транспортная компания Viking Line ABP) самый экологически безопасный морской паром NB 1376 M/S Viking Grace, использующий сжиженный природный газ. Корабль был заложен в сентябре 2011 г., спущен на воду в августе 2012 г. и передан заказчику в январе этого года.



Паром Viking Grace на СПГ

Строительство этого корабля обусловлено введением в Балтийском и Северном морях с 2015 г. зон с контролируемыми выбросами (Emission Control Areas) морскими судами. За счет использования СПГ выбросы парама Viking Grace на 85 % чище по NO_x и саже, на 15 % – по парниковым газам и практически не содержат серы. Паром, специально сконструированный с учетом особенностей мелководья Балтики, будет обеспечивать сообщение на линии Турку – Аландские острова – Стокгольм.

Испания

Испанские компании Gas Natural Fenosa и HAM Criogenica в рамках проекта Евросоюза «Газ как альтернативное топливо для колесного транспорта» (Gas as an Alternative for Road Transport) представили в Брюсселе совместные

предложения по развитию европейской сети криогенных станций для заправки магистральных тягачей сжиженным природным газом.



Мобильный заправщик СПГ компании HAM

В рамках проекта GARnet (общий бюджет 3,8 млн евро) осуществляется технико-экономическая оценка вариантов развития системы снабжения автомобильного транспорта СПГ. 50 % средств выделяют инициаторы проекта (компании Gas Natural Fenosa и HAM Criogenica), а 50 % – Исполнительная дирекция развития трансъвропейской транспортной инфраструктуры.

Для практической апробации технико-экономических выводов по проекту GARnet в Испании вдоль основных транспортных коридоров будут введены в эксплуатацию четыре крио-АЗС и мобильных заправочных комплекса.

Франция

Правительство Франции поддерживает работы в области производства и использования метано-водородных смесей (Hythane®). Лидером проекта GRHYD, в котором участвуют 12 компаний (GrDF, GNVERT, AREVA, CEA, McPhy Energy, INERIS, CETIAT, CETH2 и др.), является французская энергетическая компания GDF Suez. Водород, получаемый

с помощью электричества, генерируемого с использованием возобновляемых источников энергии (ветер), добавляется в природный газ и направляется на теплогенерацию и подогрев воды. На первом этапе продолжительностью пять лет консорциум проведет работы по производству на АГНК Hythane с добавкой водорода (сначала 6, а потом 20 %) к природному газу. Вторым направлением исследований станет добавление водорода (максимум 20 %) в газораспределительную сеть. Проект осуществляется во исполнение Директивы Европейской комиссии 2009/28/С, предусматривающей, что к 2020 г. в топливно-энергетическом балансе Франции должно быть не менее 23 % энергоносителей из возобновляемых источников.

Китай

В декабре 2012 г. в Пекине началась эксплуатация двухэтажных автобусов на СПГ.



Двухэтажный автобус на СПГ в Пекине

Газовое топливо позволяет на 30 % снизить выбросы CO_2 . Сейчас в китайской столице работают три станции СПГ, которые в общей сложности обеспечили уже 5 тыс. заправок автобусов.

Экономия затрат на СПГ, используемого вместо дизельного топлива, составляет 30%.

По данным СМИ

Промышленные налив и слив сжиженных газов

А.А. Барабанов, зам. директора производства «Наливные рукава» ОАО «Промприбор»

Рассмотрена проблема обеспечения безопасности на объектах химии и нефтехимии, а также использующих сжиженные газы. Намечены перспективы развития автоматизированных систем безопасности технологических процессов перевалки сжиженных газов и химически активных жидкостей. Приведено описание оборудования и технологических процессов при операциях слива и налива СУГ. Отмечены особенности и основные преимущества использования современных систем безопасности сливноналивных операций.

Ключевые слова: резинотканевые рукава, взрывоопасная смесь, сливноналивное оборудование, система управления и автоматизации, нормативно-техническая база.

Добыча, переработка, получение современных материалов требуют каждодневной, рутинной работы по перегрузке, транспортировке, учету, дозированию, которая остается за кадром и зачастую обделена должным вниманием. Без этих вспомогательных процессов – перевалки, измерения и доставки сырья – весь нефтегазовый комплекс был бы парализован. Таким образом, с полной уверенностью можно утверждать, что промежуточные циклы между добычей и получением конечного продукта имеют особую важность.

Что же необходимо использовать в качестве наливных устройств для сжиженных углеводородных газов (СУГ), легковоспламеняющихся (ЛВЖ) и химических жидкостей – пластик, резину или сталь? Что необходимо предпринять, чтобы уровень безопасности и взрывозащищенности операций налива и слива СУГ, ЛВЖ и химических жидкостей был максимальным?

Сравним две выдержки из правил промышленной безопасности:

«Правила промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродуктов».
ПБ 09-560-03.

«2.3.3. Налив нефтепродуктов в железнодорожные цистерны должен осуществляться по бесшланговой системе автоматизированных шарнирно-сочлененных или телескопических устройств, оборудованных автоматическими ограничителями налива, а также средствами механизации...»

2.4.19. Автоцистерны, стоящие под сливом–наливом на автоналивных станциях, должны быть заземлены с наличием блокировки, исключающей возможность запуска насосов для перекачки нефтепродуктов при отсутствии такого заземления...».

«Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы».
ПБ 12-609-03.

«5.7.7. Резинотканевые рукава, применяемые при сливноналивных операциях, должны соответствовать государственным стандартам

и (или) техническим условиям, допускающим их применение для сжиженных углеводородных газов.

Для защиты от статического электричества они должны быть обвиты медной проволокой диаметром не менее 2 мм или медным тросиком площадью сечения не менее 4 кв. мм с шагом витка не более 100 мм. Концы проволоки (тросика) соединяются с наконечниками рукава пайкой или гайкой под болт. Допускается применение металлокордовых рукавов, а также гибких металлических газопроводов с шарнирными соединениями, стойких к среде сжиженных углеводородных газов...».

Как видим, два документа регламентируют проведение сходных технологических операций, но с различными надзорными требованиями.

Почему резинотканевые рукава занимают такие прочные позиции в качестве наливных устройств? Почему не уделяется должного внимания системам автоматизации и контроля параметров процессов налива и слива СУГ? Ответы на эти вопросы очевидны – нормативная



Рис. 1. Комплекс для слива и налива железнодорожных (а) и контейнер-цистерн (б) для СУГ

база не соответствует современному уровню технического развития и требует комплекса мер по формированию законодательной базы, принятию нормативно-правовых актов, созданию нормативно-технических документов и программ, регламентирующих эксплуатацию объектов, использующих сжиженные углеводородные газы, а также требует планомерной модернизации опасных производственных объектов при непосредственном участии Ростехнадзора.

Сливоналивное оборудование

При сливоналивных операциях вопросам безопасности технологических процессов уделяется особое внимание. Применение резиновых рукавов при сливных или наливных операциях на

железнодорожных эстакадах СУГ (рис. 1) или при заправке автоцистерн требует, на наш взгляд, запрета или введения дополнительных, более жестких нормативов безопасности, сводящих к минимуму возникновение аварийных ситуаций.

В России и в мире давно созданы и выпускаются сливоналивные устройства (рис. 2), заменяющие и по всем показателям превосходящие резиноканевые рукава. Причем диапазон применения шарнирных трубопроводов настолько широк, что позволяет обслуживать цистерны всех имеющихся типов – от отечественных до импортных. Шарнирные трубопроводы могут использоваться в качестве стационарных трубопроводов с возможностью быстрой расстыковки или подключения. Выпускаются, в



Рис. 2. Стальной шарнирно-сочлененный комплекс для слива и налива автоцистерн СУГ в рабочем (а) и гаражном (б) положениях

том числе и на ОАО «Промприбор», быстроразъемные устройства, абсолютно исключая какой-либо выброс паров СУГ в атмосферу.

Сравним два гибких трубопровода, используемых в качестве наливных устройств автоцистерн СУГ, – резиноканевый и стальной шарнирно-сочлененный – и отметим основные недостатки.

Конструкция наливного устройства, оснащенного резиновыми шлангами, подразумевает продуктивную и газоуравнительную линии. Длина каждой из них может достигать 4 м. При наружном диаметре 50 мм внутренний равен 38 мм. Объем газа при этом будет



Рис. 3. Операция налива СУГ в автоцистерну

составлять 4,5 л. Таким образом, необходимый сброс газа на участке от вентиля цистерны до первого отключающего устройства на наливном оборудовании при каждом наливе СУГ в цистерну будет составлять 10 л. При наливе 10 цистерн потери составят 100 л и т.д. И это не только потери газа, но и загрязнение атмосферы.

Основными критериями безопасности налива являются предотвращение накопления статического электричества и его отвод. При необходимой производительности диаметр условного прохода резиноканевых рукавов не обеспечивает рекомендованную

скорость течения газа, которая должна составлять 1,2-3 м/с. Даже при том, что рукава имеют заземление в виде медной проволоки, накопление статического электричества вследствие высокой скорости течения газа не исключается, а зачастую от заземления попросту не зависит*.

Срок службы резиноканевых рукавов не превышает 3 мес. Обязательные испытания каждые 3 мес. и ежедневные осмотры не гарантируют обнаружение всех скрытых дефектов. Нарушение прочности, морозостойкости, физико-химической стойкости, а также старение и качество эксплуатации, влияющие на целостность оболочки рукавов, делают их просто опасными при использовании. Все это может привести к разрыву шланга, что в свою очередь опасно для жизни обслуживающего персонала.

К преимуществам резиноканевых рукавов можно отнести дешевизну, но является ли это достоинством при всех недостатках? А конструкция шарнирных стальных трубопроводов просто не допускает перечисленных недостатков.

Во-первых, подключение к вентилям цистерны осуществляется простым подведением сразу двух трубопроводов к ней (рис. 3). Во-вторых, данные трубопроводы имеют диаметр условного прохода от 50 до 100 мм, что позволяет поддерживать скорость течения газа в соответствии с требованиями правил, согласно которым она не должна превышать 1,2 м/с при номинальной производительности. В-третьих, шарнирные

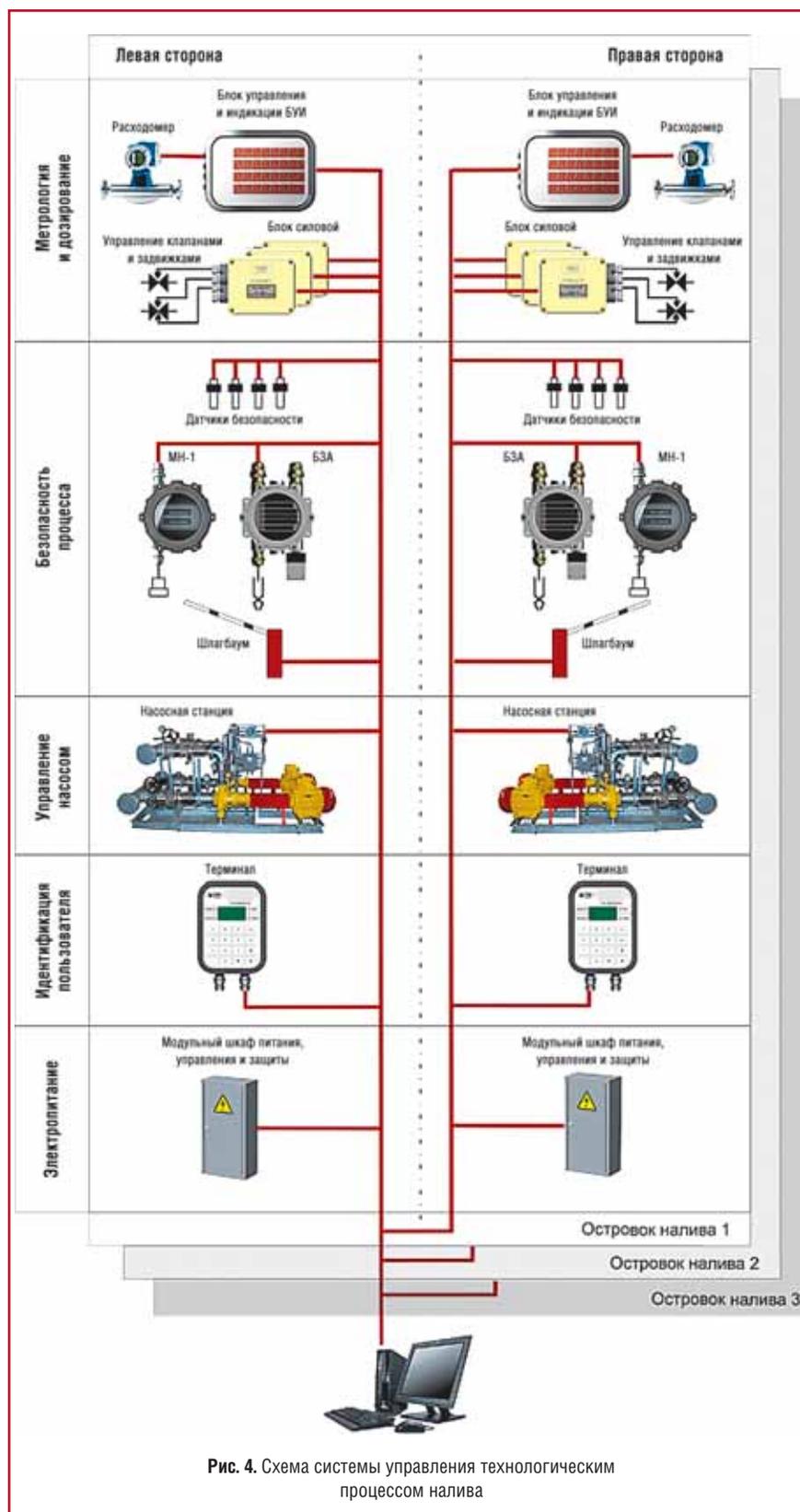


Рис. 4. Схема системы управления технологическим процессом налива

трубопроводы оснащены запорной арматурой, находящейся в непосредственной близости от вентилях цистерны, и потери газа при сбросах на свечу составляют не более

500 мл. В-четвертых, данные трубопроводы являются подвижной стальной неразборной конструкцией, которую можно приравнять к стационарному технологическому

* Таубкин И.С. О рукавах для слива-налива сжиженных углеводородных газов // Нефтегазовые технологии. – 2012. – № 7. – С. 74-86.

трубопроводу, не требующему периодического освидетельствования. И последнее – шарнирный трубопровод представляет собой непрерывную электрическую цепь и не требует дополнительных мер по устройству заземления.

Таким образом, шарнирным трубопроводам присущи все основополагающие признаки безопасной конструкции:

- прочность;
- долговечность;
- простота обслуживания и ремонта;
- возможность оснащения средствами контроля, автоматизации и запорно-регулирующей арматурой.

Система управления, автоматизации и контрольно-измерительное оборудование

Любой технологический процесс на опасном производстве должен контролироваться по целому ряду параметров. Уровень технического развития в нефтегазовой отрасли на сегодняшний день не позволяет использовать оборудование с низкой степенью автоматизации.

Мощности химических и нефтеперерабатывающих производств с каждым годом растут, увеличивается число продуктов, требующих перекачки, транспортировки и учета. Каждый продукт индивидуален по своим физико-химическим свойствам, а значит индивидуальны параметры и показатели технологического процесса, требующие контроля.

Использование сжиженных углеводородных газов на существующих опасных производственных объектах требует контроля давления, уровня, температуры, скорости потока, утечек. Но контроля традиционных параметров уже недостаточно.



Рис. 5. Блок заземления автоцистерн в рабочем (а) и гаражном (б) положениях

Современные технические средства (рис. 4) позволяют контролировать уровень, расход, давление, заземление, фазное состояние среды, плотность и ряд других параметров. Например, при современном оснащении автоналивных систем, будь то нефтепродукты или сжиженные газы, невозможно подключить заземляющее устройство на стальной предмет вместо автоцистерны. Система контроля заземления (рис. 5) способна отличить автоцистерну от любого другого проводника, а система управления, в свою очередь, не позволит ее наполнить. То же самое можно сказать и о контроле расхода жидкости во время наполнения цистерн. Сжиженные углеводородные газы являются диэлектриком, в связи с чем скорость движения продукта по наливным линиям должна быть ограничена и регулироваться в течение всего процесса заправки. Регулировать расход призваны расходомеры и регулирующие клапаны, управляемые контроллерами и блоками управления.

Системы автоматизации, контроля и управления становятся все более интеллектуальными с множеством дублирующих

блокировок, исключающих возникновение субъективных факторов при технологических операциях.

Нормативно-техническая база

Новое строительство, перевооружение и модернизация начинаются с проектных работ.

Правила безопасности, СНиПы, ГОСТы, РД и т.п. – это основные документы, которыми должны руководствоваться проектировщики.

В целом любой нормативно-технический документ является результатом работы десятков высококлассных специалистов и аккумулирует в себе многолетний опыт эксплуатации опасных производственных объектов. Тем не менее мы убеждены, что технические инновации, современные требования и подход к решению задач должны находить отражение в технических регламентах и нормативных актах как минимум раз в год.

Мы предлагаем краткий анализ существующих правил безопасности с поправками (табл. 1-5), которые, по нашему мнению, необходимы в современных условиях развития нефтегазового комплекса.

**Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы.
ПБ 12-609-03**

№ пункта	Требования правил	Комментарии и предложения по внесению изменений
5.7.7.	Резинотканевые рукава, применяемые при сливноналивных операциях, должны соответствовать государственным стандартам и (или) техническим условиям, допускающим их применение для сжиженных углеводородных газов. Для защиты от статического электричества они должны быть обвиты медной проволокой диаметром не менее 2 мм или медным тросиком площадью сечения не менее 4 кв. мм с шагом витка не более 100 мм. Концы проволоки (тросика) соединяются с наконечниками рукава пайкой или гайкой под болт. Допускается применение металлокордовых рукавов, а также гибких металлических газопроводов с шарнирными соединениями, стойких к среде сжиженных углеводородных газов.	Прием и отгрузка СУГ должны осуществляться через специально оборудованные сливноналивные устройства, конструкция которых должна обеспечивать безопасное проведение сливноналивных операций, так как слив и налив относятся к наиболее опасным технологическим операциям. Налив и слив СУГ должны осуществляться по бесшланговой системе автоматизированных шарнирно-сочлененных устройств. Устройства, применяемые при сливноналивных операциях, должны соответствовать государственным стандартам и (или) техническим условиям, допускающим их применение для сжиженных углеводородных газов. Конструкция сливноналивных устройств, элементы которых соединены шарнирами с сальниковыми уплотнениями, изготовленными из неметаллических материалов, должна обеспечиваться заземлением без нарушения единого контура. Допускается кратковременное использование (на период замены или ремонта) резинотканевых рукавов, применяемых при сливноналивных операциях.
5.7.8.	Осмотр, испытания, отбраковка рукавов, используемых при сливноналивных операциях, проводятся в соответствии с требованиями по безопасной эксплуатации АГЗС.	Необходимо ввести требования о переводе резинотканевых рукавов в разряд резервных, применяемых только при аварийных операциях слива и налива или на период ремонта стационарных наливных устройств.
5.13.19.	Допускается применение металлокордовых рукавов, а также гибких металлических газопроводов (сильфонных) для слива СУГ из автоцистерн и заправки газобаллонных автомобилей.	Необходимо исключить операцию слива и налива автоцистерн СУГ при помощи металлокордовых, резинотканевых и сильфонных рукавов в стационарных условиях в рамках стандартного технологического процесса.
5.13.20.	Рукава, применяемые при сливноналивных операциях, не должны иметь трещин, надрезов, вздутий и потертостей. При наличии на рукавах указанных дефектов рукава заменяются новыми.	Необходимо дополнить условием резервного или аварийного применения резинотканевых рукавов.

**Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа.
ПБ 12-527-03**

№ пункта	Существующая редакция	Комментарии и предложения по внесению изменений
4.19.	Допускается применение металлокордовых рукавов, а также гибких металлических газопроводов (сильфонных) для слива СУГ из автоцистерн и заправки газобаллонных автомобилей.	Требования данных пунктов перекликаются с п. 5.13.19 и 5.13.20 ПБ 12-609-03, замечания для которых справедливы и для п. 4.19 и 4.20.
4.20.	Рукава, применяемые при сливноналивных операциях, не должны иметь трещин, надрезов, вздутий и потертостей. При наличии на рукавах одного из указанных дефектов рукава заменяются новыми.	
13.12.	Слив СУГ из автомобильной цистерны в резервуары допускается после проверки правильности открытия и закрытия задвижек, связанных с технологической операцией слива СУГ.	В данных требованиях не предусмотрено использование автоматических средств контроля наполнения и необходимых блокировок. Целесообразно отдать приоритет использованию технических средств контроля и управления и только потом применять визуальный контроль и ручные манипуляции.
13.28.	В период слива должно быть обеспечено непрерывное наблюдение за давлением и уровнем газа в автомобильной цистерне и приемном резервуаре. Резервуары заполняются СУГ не более чем на 85 % своего геометрического объема. В случае переполнения резервуара избыток газа должен быть слит в другие резервуары. Выпуск избыточного газа в атмосферу не допускается.	

Таблица 2 (окончание)

**Правила безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций сжиженного газа.
ПБ 12-527-03**

№ пункта	Существующая редакция	Комментарии и предложения по внесению изменений
13.32.	Резинотканевые рукава (шланги) автомобильных цистерн должны крепиться к сливному наконечнику стальными хомутами (не менее двух хомутов на каждый конец шланга). Применение проволочных хомутов не допускается. Не допускается слив СУГ, если рукава (шланги) имеют трещины, переломы, выбоины и другие повреждения и состоят из отдельных частей. Рукава с наружными металлическими спиралями признаются непригодными при оборванных или частично отсутствующих спиралях.	Считаем недопустимым применение любых типов хомутов при соединениях рукавов и присоединительных штуцеров. Необходимо строго обозначить применение резинотканевых рукавов на автоцистерне только для аварийного слива.

Таблица 3

Газораспределительные системы. СНиП 42-01-2002

№ пункта	Существующая редакция	Комментарии и предложения по внесению изменений
9.4.5	Для наполнения СУГ автоцистерн следует предусматривать наполнительные колонки.	Необходимо определить минимальные требования к наполнительным колонкам или дать ссылку на соответствующую нормативную документацию, например, ОСТ 26.260.18-2004 «Блоки технологические для газовой и нефтяной промышленности. Общие технические условия» или т.п.

Таблица 4

**Техническая эксплуатация газораспределительных систем.
Газонаполнительные станции и пункты. Склады бытовых баллонов. Автогазозаправочные станции.
ОСТ 153-39.3-052-2003**

№ пункта	Существующая редакция	Комментарии и предложения по внесению изменений
6.4.1	Для проведения сливных операций разрешается применение соединительных рукавов, изготовленных по стандартам и техническим условиям, если технические характеристики этих рукавов обеспечивают их безопасную эксплуатацию при сливе-наливе СУГ с РН до 1,6 МПа. Соединительные рукава должны иметь на концах металлические наконечники (штуцеры) для присоединения к цистерне и газопроводам. При применении резинотканевых рукавов в месте контакта резины с металлом на боковой поверхности штуцеров должны быть кольцевые выступы, препятствующие соскальзыванию рукава со штуцера.	В данном пункте стандарта резинотканевые рукава являются основным средством проведения сливоналивных операций. Необходимо ввести запрет на обязательное применение резинотканевых рукавов. Исключить право выбора между шарнирно-сочлененными стальными трубопроводами и резинотканевыми рукавами, отдав предпочтение шарнирным трубопроводам. Определить применение резинотканевых рукавов только в исключительных случаях.
8.1.1	Мастер участка слива-налива и персонал базы хранения СУГ следят за правильностью наполнения резервуаров и переключения их коммуникаций при различных операциях перекачек СУГ. При подаче СУГ в наполнительное отделение и к колонкам по наполнению автоцистерн и газобаллонных автомобилей персонал по указанию мастера производит необходимые переключения.	Необходимо выделить приоритет для автоматизированных систем слива, налива, наполнения с обеспечением защиты и блокировок при возникновении внештатных или аварийных ситуаций. Исключить влияние человеческого фактора при проведении технологических операций налива и слива.
10.3. 10.3.1	Требования, предъявляемые к колонкам для наполнения автоцистерн Колонка должна быть оборудована: - защитным устройством, исключающим наезд автомашин; - комплектом башмаков-клиньев для фиксирования автомашины; - приспособлениями для заземления автоцистерн; - шлангами с заземляющими проводниками; - манометрами с трехходовыми кранами; - скоростным и обратным клапанами; - свечой для сбрасывания остатков СУГ из соединительных рукавов в атмосферу.	Считаем, что данные требования не отвечают современным условиям обеспечения безопасности наполнения автоцистерн. На каждом этапе технологического процесса налива и слива первичными средствами контроля и управления должны являться автоматизированные системы управления. Все перечисленное оборудование автоцистерн должно подвергаться автоматизированному контролю.

**Техническая эксплуатация газораспределительных систем.
Газонаполнительные станции и пункты. Склады бытовых баллонов. Автогазозаправочные станции.
ОСТ 153-39.3-052-2003**

№ пункта	Существующая редакция	Комментарии и предложения по внесению изменений
10.4.4	Во время наполнения автоцистерны персонал: - следит за уровнем жидкой фазы в сосуде автоцистерны, степень наполнения – не более 85 % объема сосуда; - следит за давлением СУГ по манометру колонки, давление СУГ не должно превышать 1,6 МПа; - поддерживает связь с персоналом насосно-компрессорного отделения и базы хранения.	Контроль перечисленных параметров должен осуществляться системой защиты и автоматики. Процесс наполнения автоцистерн должен быть автоматизирован.
10.4.6	При повышении давления на колонке более 1,6 МПа оператор прекращает наполнение, перекрывает вентили на колонке, сообщает об этом мастеру и персоналу насосно-компрессорного отделения.	Необходимо ввести требование, по которому при возникновении аварийных ситуаций технологический процесс наполнения, включая работу насосно-компрессорного отделения, должен быть остановлен системами противоаварийной защиты, установленными на наполнительной колонке с мгновенной передачей необходимых сообщений персоналу соответствующих служб.
10.4.8	При обнаружении утечек СУГ на колонках персонал прекращает наполнение автоцистерн, перекрывает вентили на колонках и задвижки в насосно-компрессорном отделении.	Необходимо определить приоритет для выполнения данных действий автоматизированными системами налива.
10.4.9	При обнаружении утечек СУГ из соединительных рукавов или при их разрыве персонал перекрывает вентили на колонке и вентиль налива на автоцистерне.	Необходимо исключить применение резиноканевых рукавов из операций налива.

Таблица 5

**Автоцистерны для транспортирования сжиженных углеводородных газов на давление до 1,8 МПа.
ГОСТ 21561-76**

№ пункта	Существующая редакция	Комментарии и предложения по внесению изменений
2.20	Присоединительные устройства рукавов и штуцеров сливноналивных коммуникаций автоцистерн должны иметь резьбу М60×4 LH по ГОСТ 8724-81.	Необходимо предусмотреть применение сливноналивных устройств автоцистерн, имеющих отличные от указанных присоединительные штуцеры, расширить типы присоединительных штуцеров и приспособлений сливноналивных коммуникаций автоцистерны. Например, широкое применение могут иметь устройства быстрой расстыковки при сохранении полной герметичности сливноналивных устройств и трубопроводов автоцистерны.

Анализ является кратким, обзорным, показывающим, что достаточно внести изменения в уже существующие документы.

Была рассмотрена лишь малая часть нормативной базы, используемой при проектировании, строительстве и эксплуатации опасных объектов. Тем не менее отчетливо видно простое повторение многих требований, ничем друг друга не дополняющих.

В заключение хотелось подчеркнуть, что технический прогресс и инновации приходят в нефтегазовую промышленность независимо от того, требуют этого надзорные органы или нет. Осознание факта, что технологические процессы и операции могут и должны быть максимально надежны, подвигает на всех этапах – от проектирования до эксплуатации – использовать высокотехнологичное оборудование.

Стремление к совершенству технологий неминуемо приводит к повышению надежности оборудования, а следовательно и к безопасности эксплуатации.

Мы понимаем, что нельзя одноmomentно запретить или изменить те или иные нормативные акты, но двигаться вровень с современной промышленностью – вот те ориентиры, которых должна придерживаться наша надзорная система.



Рис. 6. Последствия аварий на АГЗС

Тогда, может быть, не было бы тех страшных аварий в Костроме, Ярославле, Одинцове, Твери и Воронеже, в каждой из которых пострадали люди (рис. 6).

Мы убеждены, что 90 % аварий можно избежать, если оборудованию и системам безопасности

уделять должное внимание как со стороны владельцев, так и со стороны Ростехнадзора. Более того, необходима измененная нормативная база, устанавливающая минимальные требования к оборудованию и учитывающая техническое развитие современной промышленности.

Совершенно недопустимо, чтобы большинство технологических операций при сливе или наливке сжиженных газов зависело только от добросовестности оператора. Понятие человеческий фактор всегда носит оправдательный характер.

Первая в мире поставка СПГ по Северному морскому пути

05.12.2012 г. танкер-газовоз «Река Обь», зафрахтованный Группой «Газпром», успешно завершил первую в мире перевозку сжиженного природного газа (СПГ) по Северному морскому пути (СМП). Танкер прибыл в регазификационный терминал в порту Тобата (Япония), выйдя 7 ноября из порта Хаммерфест (Норвегия), и доставил партию СПГ Группы «Газпром» японским потребителям.

Во время перехода по СМП с 9 по 18 ноября судно сопровождали атомные ледоколы ФГУП «Атомфлот», руководили проводкой два ледовых лоцмана. На первом этапе перехода в Баренцевом и Карском морях льда практически не наблюдалось, а на втором этапе от пролива Вилькицкого до Берингова

пролива судно шло в молодом льду толщиной до 30 см.

Рейс был выполнен безаварийно и в полном соответствии с графиком. Его успех был обеспечен профессионализмом экипажа танкера «Река Обь» и всесторонней поддержкой ледовых лоцманов, капитанов и экипажей ледоколов «50 лет Победы», «Россия», «Вайгач», берегового персонала ФГУП «Атомфлот» и администрации СМП при Федеральном агентстве морского и речного транспорта Министерства транспорта РФ.

Танкер прошел с грузом после выполненного им ранее в октябре 2012 г. порожнего рейса из Японии в Европу. Два рейса танкера «Река Обь» через СМП за одну навигацию полностью подтвердили

техническую и коммерческую пригодность Северного морского пути для международных перевозок СПГ. Первокласное ледокольное обеспечение и проводка судов, снижение сроков доставки грузов, экономия топлива, снижение потерь от испарения СПГ, увеличение объема доставленного газа, снижение выбросов углекислого газа в окружающую среду и отсутствие рисков конфликтов и нападения пиратов на переходе – все это в целом представляет очень привлекательное и надежное решение для межрегиональной торговли СПГ с учетом реализации российских арктических проектов по сжижению газа.

Успешный рейс танкера «Река Обь» позволяет рассчитывать на полноценное использование Северного морского пути для поставок российского СПГ как в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, так и на европейский рынок.



Развитие топливных рынков СПГ и КПГ



Международная конференция компании Creon Energy «СПГ и КПГ 2012», состоявшаяся в декабре прошлого года, была посвящена перспективам использования сжиженного (СПГ) и компримированного (КПГ) природного газа в России.

Партнеры конференции:



При поддержке:



Глава Creon Energy Фарес Кильзие в приветственной речи отметил, что при всей важности экспортных поставок будущее российского природного газа компания видит в развитии внутреннего рынка, а КПГ может стать новым энергетическим геополитическим продуктом страны.

«В топливном балансе США превалирует бензин, в Европе ратуют за дизель, почему бы России не стать мировым лидером в плане использования КПГ в качестве моторного топлива. Сегодня мы рассчитываем увидеть позитивный настрой игроков рынка в данной области, особенно учитывая полноценный патронаж со стороны отечественного газового гиганта – компании «Газпром», которая вновь обратила свое внимание на КПГ и рассматривает его как полноценный продукт в программах поставок на внутренний рынок», – подчеркнул Ф. Кильзие.

Заместитель начальника отдела координации развития рынка газовых видов моторного топлива ОАО «Газпром» Александр Строганов рассказал о планах компании по развитию рынка природного газа, используемого в качестве моторного топлива. Он назвал XXI век «золотым веком газа», что обусловлено соотношением мировых запасов природного газа и его потреблением, которое в 2011 г. составило более 3 трлн м³. По оценкам экспертов, к 2035 г. спрос на газ вырастет на 55 %,

то есть примерно до 5 трлн м³, при этом общие извлекаемые запасы оцениваются приблизительно в 850 трлн м³.

В активном использовании природного газа как энергоносителя заинтересованы органы государственной власти, производители технологического оборудования, автопроизводители и, разумеется, конечные потребители, поскольку модернизация транспорта позволит ощутимо снизить себестоимость продукции, повысить экологичность мобильных и стационарных энергетических установок, диверсифицировать линейку моторных топлив. Речь идет о перевооружении не только автомобильного, но и железнодорожного, водного, воздушного транспорта и сельскохозяйственной техники, а также о реконструкции теплоэнергетики с целью широкого использования КПГ и СПГ.

В России в 2009 г. принят Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...», который прямо говорит о необходимости проведения мероприятий по замещению нефтяных топлив газовыми.

РФ занимает 20-е место в мире по газификации транспорта, и если в 2005 г. рынок достиг годового прироста в 35 %, то уже в 2009 г. прирост был отрицательным, а в 2011 г. составил около 5 %.

Основным препятствием для использования газифицированного



Президиум конференции

транспорта является отсутствие устойчивого спроса на такого рода технику из-за слабо развитой инфраструктуры – небольшого числа заправочных сетей и средств доставки топлива, диагностических и сервисных центров, а также отсутствия квалифицированного персонала. В итоге потребителю трудно решиться на эксплуатацию газомоторной техники, а производителя останавливает отсутствие спроса. Для того, чтобы разорвать этот замкнутый круг, необходимы дополнительные усилия государства и монополистов отрасли, благодаря которым появится возможность создания конкурентного рынка газомоторной техники.

Александр Строганов подчеркнул, что эта проблема настолько сложная, что даже Газпром в одиночку ее не решит. «Мы хотим дать толчок этому направлению, и частные компании появятся обязательно», – отметил докладчик.

В мировой практике развита система организационных, финансовых и технических мер для стимулирования рынка, которая привела к увеличению парка газифицированных автомобилей в 10 раз за последние 10 лет. В России подобный комплекс мер необходимо разрабатывать.

Благодаря активной работе Газпрома летом 2012 г. приняты поправки

к Федеральному закону № 261, предусматривающие использование механизма энергосервисного договора финансирования переоборудования государственного и муниципального автопарка для работы на газовом моторном топливе. В этом же году руководством ОАО «Газпром» принято решение активизировать деятельность по развитию рынка газомоторного топлива России и жестко увязать реализацию ежегодных программ газификации регионов страны с развитием регионального рынка газомоторного топлива. Создано специализированное предприятие ООО «Газпром газомоторное топливо», в котором консолидируются активы по производству и реализации КПП. Развернута работа с 69 субъектами РФ, и 54 региона уже выразили готовность начать диалог по данному направлению.

По итогам проведенной работы в конце 2012 г. отобраны 16 субъектов Российской Федерации, для которых велась разработка технико-экономических обоснований (ТЭО) строительства 36 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Строительство объектов, отобранных по результатам ТЭО, планируется начать в 2013 г.

Старший менеджер управления координации газознергетической

деятельности и продаж продуктов нефтехимии и газопереработки ОАО «Лукойл» Ахмед Гурбанов представил прогнозный баланс рынка нефти и автобензинов в РФ, согласно которому дефицит бензина к 2030 г. составит 4-5 млн т, что связано главным образом с падающими темпами нефтедобычи.

Разрабатывать альтернативные варианты для ликвидации топливного дисбаланса в долгосрочной перспективе необходимо уже сейчас. Открытие новых труднодоступных месторождений, а также импорт бензина представляются малоэффективными из-за высокой стоимости деятельности по обоим направлениям. Использование электротяги в автотранспорте, несомненно, является интересным проектом, однако в настоящее время говорить о массовой электрификации транспорта в обозримом будущем еще рано.

К наиболее реалистичным сценариям преодоления бензинового кризиса можно отнести использование СПГ и КПП в качестве моторного топлива, что подтверждено ресурсами и хорошо изученными технологиями перевода автотранспорта на газовые двигатели. Для достижения необходимых показателей в 3-5 млрд м³/год потребление КПП придется увеличить в 10-20 раз, а на это потребуются не менее 8-10 лет интенсивного развития данного сектора при активной поддержке государства в качестве регулятора.

Начальник управления отраслевых программ ОАО «Газпром газэнергосеть» Анатолий Ким рассказал о реализации новых проектов, одним из которых является участие в программе газификации регионов РФ. Компания выступает заказчиком по объектам автономного газоснабжения сжиженным углеводородным газом (СУГ), СПГ и КПП, а также



Выступает Анатолий Ким

является организацией, эксплуатирующей законченные объекты.

С 2009 г. в России применяется дифференцированный подход при выборе способов газификации (трубопроводная или автономная) с учетом их экономической или технической эффективности, отдаленности населенных пунктов от газотранспортной системы и объемов конечного потребления. В зависимости от наличия ресурсов определяется тип газа – СУГ или СПГ.

Принципиально схема газоснабжения СПГ выглядит следующим образом. У магистрального газопровода располагается завод по сжижению газа, производительность которого зависит от нужд конечного потребителя. Далее СПГ в специальных криогенных метановозах доставляется в пункты регазификации, где газ переходит из жидкого состояния в обычное газообразное и в таком виде поставляется потребителю – предприятиям, котельным, населению.

Газпром берет на себя обязательства по строительству заводов по сжижению и пунктов регазификации, а также по приобретению газозовозов. Субъекты Федерации готовят потребителей к приему газа – это прокладка уличных газопроводов, переоборудование и подготовка предприятий и объектов теплогенерации к потреблению нового энергоносителя.

В настоящее время реализуются проекты автономной газификации сжиженным природным газом трех населенных пунктов Пермского края и поселка Многовершинный Хабаровского края. Также на стадии обоснования инвестиций находятся проекты газификации СПГ населенных пунктов в Вологодской, Новосибирской, Томской и Ленинградской обл.

Для расширения использования газомоторного топлива на транспорте с 2012 г. в Программу газификации регионов РФ Газпромом добавлен раздел по развитию АГНКС. На «Газпром газэнергосеть» возложена задача по разработке схемы размещения АГНКС в субъектах Российской Федерации. К настоящему времени определены пилотные регионы, в которых планируется строительство 20 объектов газомоторной инфраструктуры уже в 2013 г. Подписывая Программу газификации, администрации регионов берут обязательства по обеспечению потребителей для вновь вводимых АГНКС, закупке новой техники, работающей на газе, или переводу с бензина на газ действующих автопарков. По итогам реализации проектов в 2013 г. будет формироваться Программа на 2014-2015 гг.

«Программа позволяет всего лишь дать некую динамику этой теме, основной бизнес возникнет тогда, когда на природный газ перейдет частный потребитель, которого не нужно будет заставлять, потому что он сам посчитает, сколько стоит автомобиль или переоборудование, и выберет газовый вид топлива, потому что ему выгоднее на нем ездить. Имея необходимую инфраструктуру, мы будем идти именно к этому потребителю», – заключил Анатолий Ким.

Руководитель Рабочего комитета «Использование газа» Международного газового союза, консультант

ООО «Газпром экспорт», исполнительный директор НГА Евгений Пронин представил обзор мирового рынка альтернативных газовых видов моторного топлива.

В 2012 г. число работающих на природном газе автомобилей в мире составило 17 млн, на СУГ – 18 млн. Глобальный спрос на природный газ для транспорта по итогам 2012 г. оценивается примерно в 42 млрд м³ и, по мнению экспертов, может вырасти до 200 млрд м³ к 2020 г.

Мировыми лидерами по использованию КПГ и СПГ можно назвать такие страны как Пакистан – 3,1 млн автомобилей, Иран – 2,9 млн, Аргентина – 2,1 млн, Бразилия – 1,7 млн, Индия – 1,5 млн, Китай – 1,2 млн. Россия находится в середине второго десятка мирового рейтинга. По данным за 2012 г., парк метановых машин в РФ оценивается примерно в 86 тыс. единиц, а общий спрос на КПГ составляет 388 млн м³. В Европе на метане работают 1,4 млн автомобилей. Европейскими лидерами являются Италия (870 млн м³) и Украина (870 млн м³). Общий спрос на природный газ в транспортном секторе оценивается в 3,1 млрд м³.

Средняя годовая розничная цена на моторное топливо в Европе сложилась на уровне (евро/л): дизельное топливо – 1,27; бензин – 1,4; СУГ – 0,9. На природный газ она составила 0,74 евро/м³.

По числу АГНКС Россия занимает четвертое место среди европейских стран (250 станций), пропустив вперед Италию, Германию и Украину, которые имеют 909, 904 и 324 станции соответственно.

«Сегодня мы являемся свидетелями того, что компания Creon Energy в очередной раз предоставила деловому сообществу площадку для обсуждения ключевых проблем развития рынка углеводородного сырья в

России. Экспортно-сырьевая модель углеводородного рынка себя исчерпала. В настоящее время создались предпосылки для развития инновационной модели, приоритетом которой является углубленная переработка углеводородного сырья, к которой можно отнести и СПГ-производство», – сообщил технический менеджер департамента зарубежного и специального строительства компании «Стройтрансгаз» Валерий Плотников.

США увеличивают добычу сланцевого газа, в связи с чем уже сейчас происходит перераспределение экспортных потоков, возрастает конкуренция и снижаются цены на газ в Европе. При этом рынок СПГ растет, и России требуется наращивание перерабатывающих и нефтегазохимических мощностей, а не увеличение объемов добычи. Отечественный бизнес может подключиться к развитию рынков потребления внутри страны, а также успеть занять свою нишу на таком рынке за рубежом. В настоящий момент РФ, обладающая 23 % мировых запасов газа, занимает не более 5 % мирового рынка СПГ.

Если бы Россия использовала свои энергоресурсы так же эффективно как Швеция или Норвегия,

она бы ежегодно экономила более 200 млн т нефтяного эквивалента, что составляет примерно 1/3 всего энергопотребления страны. С учетом того, что 1000 м³ газа можно приравнять к 1 т нефти по энергетическому эквиваленту, упущенная выгода составляет 200 млрд м³. На сегодняшний день Россия перерабатывает всего 9 % природного газа. Для сравнения: доля переработанного сырья в США составляет 60 %, а в Канаде – около 100 %.

В перспективе основными доходами компаний газовой отрасли должны стать не добыча и экспорт газа, а его переработка и нефтехимия. В настоящее время разрабатываются семь крупных проектов в этой области в Тобольске, Кстове, Буденновске, Владивостоке, Усть-Луге и Ямало-Ненецком округе.

Важными направлениями в развитии рынка СПГ являются создание и эксплуатация мини-заводов сжиженного природного газа. Преимущества использования такого рода мини-установок очевидны – это возможность газифицировать удаленные от магистрального газопровода труднодоступные регионы, улучшить экологическую ситуацию, а также использовать сжигаемый попутный

нефтяной газ. Кроме того, реализация СПГ-проектов способствует экономическому развитию регионов и промышленной базы страны, связанной с отечественным машиностроением.

На сегодняшний день мини-заводы СПГ существуют в Московской, Ленинградской и Свердловской обл. Предприятиями Группы «Газпром» прорабатываются новые проекты по строительству объектов малотоннажного производства в Московской, Ленинградской, Новгородской, Новосибирской, Омской, Томской и Амурской обл., а также в Пермском, Алтайском и Красноярском краях.

Отечественный инженерно-строительный бизнес, в том числе компания «Стройтрансгаз», имеющая опыт строительства объектов по квалифицированной переработке газа внутри страны и за рубежом, мог бы принять активное участие в реализации конкретных проектов.

Ведущий проектный менеджер по продажам компании Linde Engineering Dresden GmbH Максим Шварц презентовал разработанную его компанией передовую концепцию StarLNG для установок получения СПГ малой и средней производительности.

Компания начала свой путь в 1879 г. в Германии, создав первую в мире воздухоразделительную установку. Сейчас на счету Linde более тысячи запатентованных технологий, более 4 тыс. реализованных проектов, а также около 300 собственных криогенных и газоперерабатывающих заводов по всему миру. Одной из главных специализаций компании являются проекты по СПГ – создание производств любого масштаба от мини- до крупнотоннажных и плавучих заводов.

Стандартная установка СПГ малой и средней производительности



Вопрос участника конференции

позволяет охватить более 90 % возможных вариаций процесса производства. При этом она обеспечивает такие же высокие стандарты безопасности, которые предусмотрены для крупнотоннажных производств. Предварительно разработанная технологическая схема, стандартные документация и компоновка модульной установки максимально снижают сроки поставки, монтажа и запуска оборудования. Блочно-модульный подход обеспечивает низкие капитальные затраты при максимальном удовлетворении требований заказчика.

Вице-президент CNG-департамента Hexagon Composites Френк Хэберли представил собравшимся новые интересные решения по комплексной модернизации систем хранения и транспортировки газа, включая применение полимерно-композитных баллонов бытового, автомобильного и промышленного назначения, которые обладают уникальными свойствами: они почти на 70 % легче металлических, абсолютно взрывобезопасны, обладают высочайшей ударостойкостью. Прозрачность баллонов и видимость уровня газа в них облегчают управление запасами.

Член совета директоров ООО «Ростовская автомобильная и газово-сервисная компания» Алексей Абакумов рассказал о технологии беструбной транспортировки КПП «виртуальная труба». В соответствии с этой технологией сетевой газ метан сжимается до давления 25 МПа, заправляется в баллоны, смонтированные на специальном передвижном автогазовом заправщике (ПАГЗ), и в таком виде доставляется потребителям. Данный вид транспортировки эффективен на расстояниях 5-100 км от центральной компрессорной станции до конечного потребителя



Выступает Френк Хэберли

– объектов газо-, тепло- и электро-снабжения, мобильных АГНКС.

Для бытовых потребителей возможна индивидуальная автономная газификация, когда КПП перекачивается в индивидуальные газобаллонные установки или редуцированный газ поставляется по обычным сетям низкого давления от групповой газобаллонной установки.

Автономная газификация отвечает требованиям дня с точки зрения сроков реализации и обеспечения газом только реальных потребителей, для проектов Московской обл. ее стоимость в 2-3 раза дешевле трубопроводной.

Директор департамента угледородного сырья ЗАО «Креон Энерджи» Станислав Гатунок раскрыл перспективы использования СПГ в качестве бункеровочного топлива. В соответствии с требованиями международной конвенции MARPOL происходит ужесточение нормативов на выбросы в атмосферу судовыми двигателями оксидов серы, азота и углерода, а также твердых частиц. В связи с этим владельцы судов рассматривают новые возможные стратегии: использование дистиллятов, применение скрубберов и переход на бункеровку СПГ.

Большинство мировых судовладельцев считает использование СПГ

наиболее перспективным направлением, отмечая высокую экологичность и низкую стоимость этого топлива по сравнению с имеющимися альтернативными вариантами. Согласно экспертной оценке Creon Energy, в свете вступления в силу новых экологических норм потенциал мирового рынка бункеровки СПГ к 2030 г. может достичь 100-120 млрд м³ ежегодно.

Особыми районами контроля за выбросами серы на сегодняшний день являются акватории Балтийского и Северного морей, где пролегают основные маршруты морских грузоперевозок России. Суммарный спрос на СПГ в данных регионах будет расти и к 2025 г. составит не менее 4 млн т.

Среди факторов, сдерживающих развитие рынка СПГ, Станислав Гатунок отметил неразвитую инфраструктуру, высокую стоимость переоборудования действующих судовых силовых установок и увеличение на 15-20 % капитальных затрат на постройку новых судов, а также несовершенство российской нормативно-правовой базы, регулирующей порядок обращения СПГ в акваториях российских портов.

Заместитель главного конструктора Государственного научно-производственного ракетно-космического центра «ЦСКБ-Прогресс» Борис Соболев затронул проблему энергообеспечения и транспортировки грузов в отдаленных районах Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока. Одним из наиболее перспективных вариантов решения данного вопроса он назвал автономное энергообеспечение с использованием технологий СПГ и предложил инновационный способ доставки топлива и грузов с помощью дирижаблей.

Генеральный директор ПК Научно-производственная фирма «ЭКИП» Анатолий Савицкий рассказал о

технологических аспектах производства СПГ и деятельности компании в части разработки свободно-поршневых двигателей с КПД более 50 %. Было отмечено, что малотоннажное производство СПГ должно стать ресурсной базой для расширения применения газа в качестве моторного топлива на всех видах транспорта (автомобильный, речной, железнодорожный) и на сельскохозяйственной технике, а также основой для эффективного использования СПГ при газификации отдаленных населенных пунктов и объектов.

Директор по продажам и маркетингу в Восточной Европе Xperion Energy & Environment GmbH Дарья Берндт отметила постоянный рост мирового спроса на природный газ. При этом, по ее словам, транспортировка газа играет важную роль в структурировании рынка, и повышенным интересом в последнее время пользуются именно малотоннажное производство и контейнерные перевозки СПГ и КПГ. Дарья Берндт подробно рассказала о современных системах высокого давления для хранения и транспортировки КПГ, основными плюсами которых являются их безопасность, экономичность и эффективность.

Директор по продажам газобаллонных автомобилей ОАО «КАМАЗ» Руслан Зиатдинов сообщил, что переход на газомоторные автомобили позволит увеличить энергосбережение, эффективность и экологичность используемого автотранспорта. В 1991 г. компания приступила к исследованиям по созданию первого газового двигателя «КАМАЗ». К настоящему времени налажено серийное производство тягачей, дорожно-строительной, коммунальной и прочей автоспецтехники, а также городских, пригородных и вахтовых автобусов, работающих на КПГ. Вся

автотехника соответствует экологическому стандарту Евро-4.

«Природный газ на сегодняшний день является самым недорогим видом топлива на рынке. При равном расходе на 100 км пути он обходится почти в три раза дешевле своих аналогов. Помимо этого газ обладает отличными характеристиками, обеспечивающими безопасность: температура самовозгорания метана 650, пропан-бутана 450, а дизеля и бензина меньше 300 °С», – подчеркнул представитель КАМАЗа.

Проведенный экспертами компании сравнительный анализ эксплуатации восьми дорожных машин в г. Набережные Челны с газовыми и дизельными двигателями показал, что при годовом пробеге в 311 тыс. км затраты на ГСМ при использовании КПГ в качестве топлива составили 1,43 млн, а ДТ – 3,8 млн руб. В данном случае эксплуатация газовых моторов позволила сэкономить 2,38 млн руб. за год. При этом разница в цене между дизельным автомобилем и газовым отличается на размер стоимости газобаллонного оборудования, которое окупается в среднем за год.

По расходу топлива показатели примерно равны: в расчете на 100 км в среднем КАМАЗ при полной загрузке потребляет 45 л дизеля или 45 м³ газа, периодичность и стоимость технического обслуживания автомобилей примерно одинакова, однако ресурс газового двигателя намного выше.

«Таким образом, есть все экономические предпосылки для развития топливного рынка КПГ и СПГ в Российской Федерации», – заключил Руслан Зиатдинов.

Состояние и перспективы развития производства газомоторных автомобилей в России оценил заместитель исполнительного директора НП «Объединение автопроизводителей России» Алексей Серёженькин. Он

отметил широкий ассортимент газомоторной техники, предлагаемый российскими производителями ОАО «КАМАЗ», «Группа ГАЗ» и ОАО «АВТОВАЗ». Важным условием для развития отрасли эксперт считает помощь со стороны государства, которое должно стимулировать спрос на данный вид автотранспорта на федеральном и региональном уровнях.

Заместитель директора НИИКИКМ ОАО «Криогенмаш» Иван Кузьменко предложил вниманию собравшихся разработки объединения в области технологий производства, хранения и транспортировки сжиженного и компримированного природного газа.

В связи с возрастающим числом проектов по СПГ и КПГ российский рынок в ближайшей перспективе столкнется с дефицитом профессиональных кадров, сообщила заместитель директора НОЦ РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина Елена Федорова. Специалистов нефтегазового комплекса готовят в различных вузах страны, однако область СПГ имеет свои особенности, которые обуславливают требования к работникам данной сферы. На площадке РГУ им. И.М. Губкина запущена двухлетняя программа магистерской переподготовки по специальности «Техника и технологии производства СПГ». Кроме того, на базе университета действуют программы профессиональной переподготовки специалистов различного уровня по производству, транспортировке и хранению СПГ.

По мнению главы Creon Energy Фареса Кильзие, дорога по реализации этих эффективных программ будет длинной, и препятствия со стороны существующих механизмов будут жесткими. Газпрому придется задействовать весь арсенал ресурсов для отстаивания и внедрения программ по СПГ и КПГ на российском рынке.

Проекты ОАО «Газпром газэнергосеть», реализуемые в рамках Программы газификации регионов РФ

А.А. Ким, начальник управления отраслевых программ ОАО «Газпром газэнергосеть»

В рамках Программы газификации регионов РФ ОАО «Газпром газэнергосеть» имеет статус заказчика и в последующем эксплуатирующей организации объектов автономной газификации сжиженным углеводородным (СУГ), сжиженным природным (СПГ) и компримированным природным (КПГ) газом. В рамках этой программы компания приступила к реализации проектов развития сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) для заправки транспорта КПГ.

Ключевые слова: автономная газификация, компримированный природный газ, сжиженный природный газ, сжиженный углеводородный газ.

Программа газификации регионов РФ, которую реализует Газпром, – один из важнейших экономических и социальных проектов, направленных на улучшение качества жизни населения и развитие потенциала российских регионов. В соответствии с Концепцией участия ОАО «Газпром» в газификации регионов РФ на ОАО «Газпром газэнергосеть» возложены функции заказчика по объектам автономной газификации СУГ, СПГ и КПГ. По завершению строительства эти объекты передают в эксплуатацию нашей компании.

Концепция определяет основные правила и участников Программы газификации, условия ее утверждения и реализации в регионах, а также последующей эксплуатации газового хозяйства. Термин «автономная газификация» в данной Концепции впервые появился в 2010 г. Отличительной особенностью автономной газификации является газификация не трубопроводным газом, а с использованием альтернативных видов топлива, таких как сжиженный углеводородный газ (СУГ),

компримированный (КПГ) и сжиженный (СПГ) природный газ.

В обновленной редакции Концепции инвестором строительства объектов автономной газификации выступает ООО «Газпром межрегионгаз», проектирующей организацией – ОАО «Газпром промгаз», эксплуатирующей организацией после сдачи объекта – ОАО «Газпром газэнергосеть».

В зависимости от того, насколько удален потребитель газа от магистрального газопровода, а также с учетом годового потребления газа принимается решение о способе газификации.

При значительном удалении потребителя и небольшом объеме необходимого газа наступает момент, когда сетевая газификация становится нецелесообразна, и потребители, находящиеся на таких территориях, лишаются возможности получать природный газ. Единственное решение в данном случае – использование систем автономного газоснабжения СУГ или СПГ.

Сжиженный природный газ – криогенный энергоноситель, удобный

для поставки и хранения. При его использовании можно создавать эффективно действующие СПГ-комплексы для электро- и теплоснабжения автономных объектов небольшой мощности. Современные технологии СПГ позволяют обеспечивать автономное газоснабжение малых населенных пунктов, фермерских хозяйств, коттеджных поселков, пансионатов, отдельных объектов промышленности, малых предприятий, куда нецелесообразно тянуть отдельную нитку газопровода. Расчеты показывают, что при годовом потреблении газа до 38 млн м³ автономная газификация сжиженным природным газом становится выгодной, если потребитель находится в 50 км от источника газа, а при годовом потреблении 75 млн м³ – дальше 90 км.

Пример успешной реализации автономной газификации СПГ есть в Приозерском р-не Ленинградской обл. на объектах курортного комплекса «Игора».

Основное условие для автономной газификации СПГ – наличие подъездных автомобильных путей. При



этом транспортировка СПГ метановозами не приводит к удорожанию газа для потребителя.

В январе 2012 г. принято Постановление Правительства РФ № 37 «О внесении изменений в Основные положения формирования и государственного регулирования цен на газ и тарифов на услуги по его транспортировке на территории РФ». Этот документ предусматривает получение СПГ конечным потребителем даже в самых отдаленных регионах России, где не проложены газопроводы, по цене сетевого газа, установленной для данного субъекта РФ. Внедрение СПГ-технологий позволяет не только осуществлять автономное и резервное газо-, тепло-, электрообеспечение отдаленных объектов, но и перевести автомобильный, железнодорожный и речной транспорт на КПГ или СПГ, заменив ими традиционные нефтяные виды топлива.

Для производства малотоннажного СПГ (рис. 1) на газопроводе с высоким давлением строится завод по сжижению природного газа, где с помощью криогенных технологий газ переводится в жидкое состояние. Далее с помощью специальных

криогенных газовозов газ поставляется на пункт регазификации, расположенный в непосредственной близости от потребителя. От этой точки газ подается потребителю в привычном для него газообразном состоянии.

В настоящее время ОАО «Газпром газэнергосеть» реализует проекты газификации на СПГ в рамках Программы газификации в Пермском крае (рис. 2), где планируется строительство завода производительностью

1,5 т/ч и газификация трех населенных пунктов – п. Ильинский, п. Северный Коммунар и с. Нердва. В результате реализации этого проекта будут газифицированы в общей сложности восемь котельных, одно промышленное предприятие и два сельхозпредприятия, а также 937 индивидуальных домов и квартир. В настоящее время в Пермском крае проводятся подготовительные работы на площадке, весной планируется проведение основных бетонных работ и монтаж технологического оборудования.

Аналогичный проект компания реализует в Хабаровском крае (рис. 3). Здесь также планируется строительство установки сжижения природного газа (УСПГ) производительностью 1,5 т/ч. Пункт сжижения будет располагаться около ГРС в Николаевскена-Амуре. Поселок Многовершинный, который будет газифицирован, удален от УСПГ на 120 км.

Реализация проектов в Пермском и Хабаровском краях находится в стадии подготовки площадки к строительному сезону. Сроки сдачи объектов – отопительный сезон 2013 г.





Рис. 3. Проект газификации населенных пунктов Хабаровского края

Компания рассматривает возможность реализации в этом году еще четырех проектов автономной газификации СПГ, которые находятся на стадии обоснования инвестиций, в Вологодской, Новосибирской, Томской и Ленинградской обл.

С 2013 г. в государственную Программу газификации регионов РФ включены вопросы применения газа в качестве моторного топлива. Каждая региональная программа газификации теперь будет состоять из трех

частей – газификация трубопроводным газом, автономная газификация и строительство автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. Газпром будет увязывать выполнение регионами обязательств по переводу автопарков на газомоторное топливо с планируемыми инвестициями, в том числе в сетевую газификацию. Компания рассчитывает подписать соглашения с крупными субъектами РФ по развитию рынка газомоторного топлива и намерена

финансировать строительство в регионах инфраструктурных объектов, а также газозаправочных станций.

ОАО «Газпром газэнергосеть» как заказчику по объектам автономной газификации поступило поручение разработать схему размещения в регионах АГНКС, строительство которых должно быть синхронизировано со строительством сети в рамках программы газификации.

В течение последних двух месяцев ОАО «Газпром газэнергосеть» провело переговоры с руководством 17 российских регионов, где планируется построить 20 объектов газомоторной инфраструктуры уже в 2013 г. Регионы должны будут подготовить потребителей для вновь вводимых АГНКС, закупить новую технику, работающую на газе, или перевести с бензина на газ действующие автопарки.

По итогам реализации в 2013 г. проектов по продвижению газа в качестве моторного топлива ОАО «Газпром газэнергосеть» будет формировать продолжение этой программы на 2014-2015 гг. В планах Газпрома довести реализацию КПП до 3 млрд м³/год, для чего потребуются увеличить действующую сеть АГНКС в разы.

Региональный центр газомоторного топлива в Томской области

20.11.2012 г. в Томске состоялась рабочая встреча председателя правления ОАО «Газпром» Алексея Миллера и губернатора Томской обл. Сергея Жвачкина. Стороны обсудили ряд вопросов, связанных с развитием сотрудничества компании и региона, соглашение о котором заключено в 2004 г. и пролонгировано в 2009 г. Договор о газификации региона подписан в 2006 г.

Как отметил Алексей Миллер, стороны договорились о том, что будет

разработана программа газификации Томской обл. до 2015 г. включительно, предусматривающая значительное увеличение темпов газификации и объемов финансирования более чем в три раза. Уровень газификации Томской обл. составляет 8,5 %, в том числе в городах – 7,7 %, в сельской местности – 9,9 % (в среднем по России эти показатели равны 63,2, 70 и 46,8 % соответственно).

В 2006-2011 гг. Газпром инвестировал в развитие газификации

Томской обл. более 1,3 млрд руб. В свою очередь администрация области в этот период полностью выполнила свои обязательства по подготовке потребителей к приему газа.

Еще одно важное направление совместной деятельности ОАО «Газпром» и администрации Томской обл. – создание Газпромом регионального центра газомоторного топлива в этом регионе.

Дальнейшая совместная работа Газпрома и субъектов РФ позволит ускорить развитие газомоторного рынка и начать формирование все-российской газомоторной инфраструктуры.

Организация транспортно-складских и заправочных операций со смесевыми моторными топливами на основе рапсового масла

В.П. Коваленко, ФГБОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, д.т.н.,
Е.А. Улюкина, ФГБОУ ВПО Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, к.х.н.

Рассматриваются особенности транспортно-складских и заправочных операций со смесевым топливом на основе рапсового масла. Предложены технические решения для очистки рапсового масла, его нагрева до необходимой температуры и смешения с дизельным топливом в заданных пропорциях.

Ключевые слова: биотопливо, смесевое топливо, рапсовое масло.

Решение экологических проблем, возникающих при эксплуатации современной техники, требует поиска новых источников энергетического сырья, использование которого при производстве моторных топлив снижает загрязненность окружающей среды. Альтернативу современным технологичным продуктам нефтяного происхождения могут составить топлива, получаемые в результате переработки растительных масел. Масличные сельскохозяйственные культуры, относясь к возобновляемым источникам сырьевых ресурсов, могут способствовать образованию в системе биосфера – техносфера замкнутого антропогенного круговорота углерода.

Наиболее перспективны топлива на основе растительных масел – рапсового и подсолнечного. Однако последнее имеет высокую температуру застывания, что в зимний период отрицательно скажется на эксплуатации мобильной техники, и является ценным пищевым продуктом, что сдерживает его применение в технических целях.

Лучшее сырье для биотоплива в условиях России – рапс – почти не требует ухода при возделывании, дает высокий урожай, является прекрасной промежуточной культурой при выращивании пшеницы и другой полеводческой продукции, задерживает в почве питательные вещества и улучшает ее структуру. Отходы, получаемые после отжима рапсового масла (жмых и шрот), используются при производстве комбикормов для скота. Поэтому

использование рапса, по сути, является безотходным, а его применение – перспективным для производства биотоплива.

Особенности транспортно-складских и заправочных операций при использовании рапсового масла в качестве моторного топлива обусловлены его физико-химическими свойствами, которые зависят от химического состава этого продукта.

Известны два способа подготовки рапсового масла для получения моторного топлива – централизованный (промышленный) и децентрализованный. При централизованном производстве рапсовое масло поступает на завод для химической переработки, которая заключается в этерификации рапсового масла с помощью метанола в присутствии щелочного катализатора. В результате получают метиловый эфир рапсового масла, который по своим эксплуатационным характеристикам близок к дизельному топливу и не требует для своего использования доработки серийных дизелей. Это горючее на базе рапсового масла получило название биодизель. Его использование требует значительных затрат на его производство и транспортировку к местам потребления.

В настоящее время в Российской Федерации промышленное производство биодизеля не получило широкого развития. К недостаткам метилового эфира рапсового масла относится его коррозионная активность по отношению к некоторым

металлам и сплавам, а также повышенная агрессивность к лакокрасочным покрытиям и неметаллическим конструкционным материалам (резинотехнические изделия, некоторые полимеры и др.).

При децентрализованном производстве конечным продуктом является рапсовое масло, получаемое путем холодного отжима и последующего фильтрования. Процесс осуществляется с минимальными затратами и с применением несложного оборудования. Однако применение рапсового масла в качестве топлива для дизелей требует адаптации двигателя, что связано с более продолжительным периодом задержки воспламенения, меньшими теплотой сгорания и цетановым числом, а также с более высокой вязкостью рапсового масла по сравнению с дизельным топливом. Кроме того, использование чистого рапсового масла вызывает усиление нагарообразования в камере сгорания.

К наиболее простым и экономичным методам приближения физико-химических свойств биотоплива на основе рапсового масла к свойствам дизельного топлива относится смешение этих продуктов. Эксплуатационные показатели смесевых биотоплив зависят от соотношения входящих в него компонентов (таблица) [1].

Для использования рапсового масла в качестве компонента биотоплива необходимо его очистить, нагреть до нужной температуры и смешать с дизельным топливом в заданных пропорциях.

После получения рапсового масла путем холодного отжима в нем содержатся твердые механические примеси, эмульсионная вода, а также значительное количество загрязнений растительного происхождения. Используемые в настоящее время

для его очистки намывные фильтры обеспечивают удаление только достаточно крупных фрагментов растительных остатков и твердых неорганических частиц, но не способны задерживать микрокапли эмульсионной воды, а также продукты окисления жиров, входящих в состав рапсового масла в значительных количествах, о чем свидетельствует высокое содержание в нем фактических смол (до 1,78 г/л). В очистке нуждается и второй компонент смесевых биотоплив – дизельное топливо, загрязненность и обводненность которого существенно повышается в процессе транспортных и складских операций.

Эффективно использование фильтров с непрерывной регенерацией фильтрационных элементов без остановки их работы. Такими возможностями обладают гидродинамические фильтры, которые предусматривают одновременную фильтрацию очищаемого продукта через пористую перегородку и гидродинамическое воздействие инерционных сил потока на загрязнения, непрерывно удаляющиеся с поверхности этой перегородки. Гидродинамические фильтры с неподвижными фильтрационными элементами имеют весьма простую конструкцию, но требуют отвода части очищаемого продукта. Этих потерь можно избежать, если предусмотреть меры по уменьшению количества сбрасываемого неочищенного топлива за счет его очистки в гидроциклоне с возвратом во входной патрубков соплового аппарата.

Особенностью конструкции такого гидродинамического фильтра (рис. 1) является наличие во внутренней полости цилиндрического фильтрующего элемента полый конической вставки для равномерной подачи на его рабочую поверхность

Физико-химические показатели смесевых биотоплив и его компонентов

Показатели	Дизельное топливо	Массовая доля рапсового масла и дизельного топлива в соотношении, %			Рапсовое масло
		75:25	50:50	33:67	
Вязкость при 20°C, мм ² /с	3...6	38,2	16,8	11,2	90,7
Теплота сгорания, МДж/кг	43,0	39,6	40,4	40,9	37,0
Цетановое число	45,0	36,75	39,5	41,37	34,0
Температура, °C помутнения застывания	-5 -10	-9 -16	-7 -14	-6 -12	-9 -18
Кислотность, мг КОН/100 мл	5,0	5,8	5,6	5,4	6,1
Содержание фактических смол, мг/100 мл	20	125	100	75	178

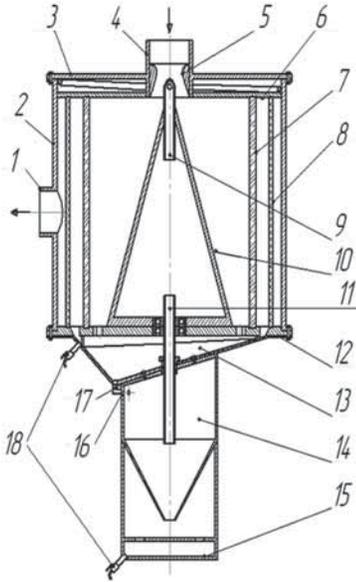


Рис. 1. Схема устройства для очистки топлива:

1 – выходной патрубок; 2 – корпус; 3 – крышка; 4 – входной патрубок; 5 – струйный аппарат; 6 – заглушка фильтрующего элемента; 7 – пористая полимерная перегородка; 8 – водоотталкивающая перегородка; 9 – всасывающая трубка струйного аппарата; 10 – коническая вставка; 11 – выходная труба гидроциклона; 12 – горизонтальная перегородка; 13 – коническое днище; 14 – гидроциклон; 15 – грязевая камера; 16 – питающий патрубок; 17 – патрубок сброса части продукта; 18 – спускной кран

очищаемого продукта, которая служит одновременно разделительным бачком между гидроциклоном и струйным аппаратом. Такое устройство обеспечивает очистку практически всего продукта, поступающего в гидродинамический фильтр [2].

Необходимость подогрева рапсового масла вызывается его высокой вязкостью, которая затрудняет, а при низких температурах делает невозможной, его перекачку. Обеспечить оптимальный температурный режим при его выдаче из резервуара и значительно сократить продолжительность этого процесса можно за счет интенсификации теплообмена между нагреваемым маслом и источником теплоты путем использования локальных способов подогрева, позволяющих разогреть сравнительно небольшое количество масла, которое по мере снижения его вязкости откачивается из зоны подогрева и замещается более вязким продуктом.

Для локального подогрева рапсового масла, а в случае необходимости и смесового биотоплива, целесообразно использовать местные паровые подогреватели с нагревательными элементами трубчатого типа, снабженные экраном из материала с высокой теплопроводностью, который отделяет

область интенсивного нагрева жидкости от остального объема резервуара.

В горизонтальных цилиндрических резервуарах, широко используемых при операциях с вязкими нефтепродуктами, применение трубчатых паровых подогревателей с экраном позволяет интенсифицировать подогрев благодаря созданию в резервуаре ограниченной рабочей зоны – подэкранного пространства – и сократить сроки начала выдачи продукта. Применяемые в этих конструкциях криволинейные экраны обычно выполняются в форме круглого прямого горизонтально расположенного цилиндра с основанием в виде сегмента круга, обращенного вверх выпуклой поверхностью. Такая форма экрана, выбранная из технологических соображений, не соответствует профилю распространения теплового потока при использовании в конструкции подогревательно-устройства более одного трубчатого элемента. Равномерное распределение температур на поверхности экрана может быть достигнуто, если трубчатые нагревательные элементы разместить в фиксированных фокусах поперечного сечения экрана, выполненного в виде эллипсообразного полуовала Кассини (рис. 2), являющегося геометрическим местом точек M , для которых справедливо уравнение

$$F_1M \cdot F_2M = k^2,$$

где F_1 и F_2 – фиксированные фокусы, находящиеся от центра овала на расстоянии c , м; F_1M , F_2M – отрезки от F_1 до M и от F_2 до M , м; $k = c\sqrt{2}$ – постоянная величина.

Поскольку до начала подогрева рапсового масла и в начале этого процесса оно обладает малой

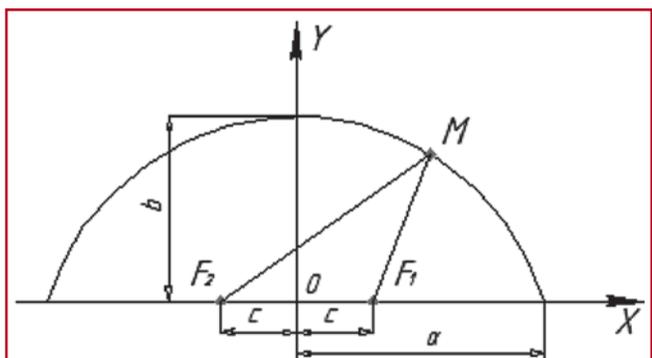


Рис. 2. Эллипсообразный полуовал Кассини:

a и b – соответственно горизонтальная и вертикальная полуоси овала; c – расстояние между центром овала и фокусом; O – центр овала; F_1 и F_2 – фокусы овала; M – произвольная точка на образующей овала

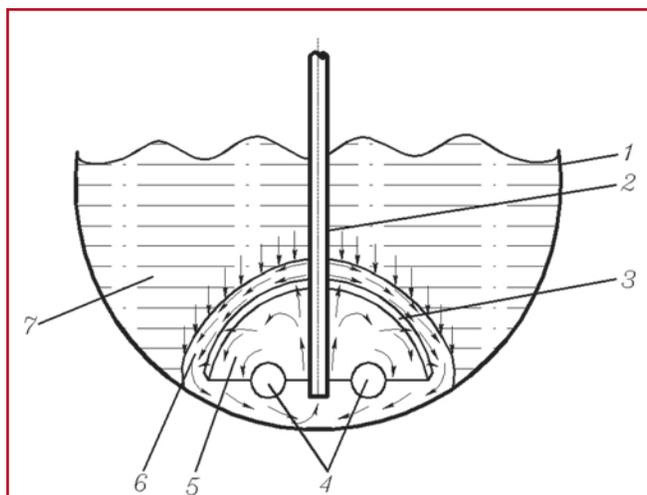


Рис. 3. Схема работы подогревательного устройства при выдаче рапсового масла из резервуара:

1 – резервуар; 2 – приемная труба; 3 – экран; 4 – нагревательный элемент; 5 – подвижное (разогретое) масло; 6 – пограничный слой; 7 – малоподвижное (холодное) масло

подвижностью, в течение первого периода подогрева теплопередача в ограниченном подэкранном пространстве осуществляется преимущественно кондукцией, то есть путем теплопроводности, а конвективным теплообменом в этот период можно пренебречь.

По мере прогревания рапсового масла и снижения его вязкости наступает второй период подогрева – продукт приобретает подвижность, и в подэкранном пространстве образуются конвекционные токи, интенсифицирующие теплопередачу к экрану. При нагревании рапсового масла в подэкранном пространстве и возникновении в нем естественной конвекции теплопередача в этом пространстве будет осуществляться одновременным действием кондукции и конвекции.

Для уменьшения термического сопротивления на внутренней поверхности экрана целесообразно

изготовить его из пористого материала небольшой толщины (например, из стеклоткани). Тогда естественная конвекция масла распространится на пористую структуру экрана. Это соответствует третьему периоду подогрева. Помимо конвекции в порах, проникновению в них масла будет способствовать его расширение при нагревании в подэкранном пространстве. Третий период подогрева характеризуется тем, что масло, проходящее сквозь поры экрана, а также масло над экраном, нагреваемое за счет теплопередачи кондукцией, образует на внешней поверхности экрана пограничный слой, вязкость которого существенно меньше, чем вязкость основной массы рапсового масла в резервуаре.

После разогрева рапсового масла в подэкранном пространстве до температуры, обеспечивающей его откачку из резервуара, наступает четвертый период подогрева, сопровождающийся вынужденной конвекцией, которая возникает при выдаче рапсового масла из подэкранного пространства через приемную трубу с помощью насоса (рис. 3).

Пограничный слой маловязкого рапсового масла, образовавшийся на внешней поверхности экрана, будет снизу ограничен этой поверхностью, а сверху – малоподвижным слоем масла высокой вязкости. После возникновения разрежения в подэкранном пространстве этот слой начнет перемещаться вдоль образующей профиля экрана по направлению к зазорам между его нижней кромкой и обечайкой резервуара, поступая через эти зазоры под экран и далее в приемную трубу. Освободившееся пространство на поверхности экрана будет заполняться рапсовым маслом из расположенных выше слоев более вязкого продукта, где оно нагревается, перемещается к нижней кромке экрана и

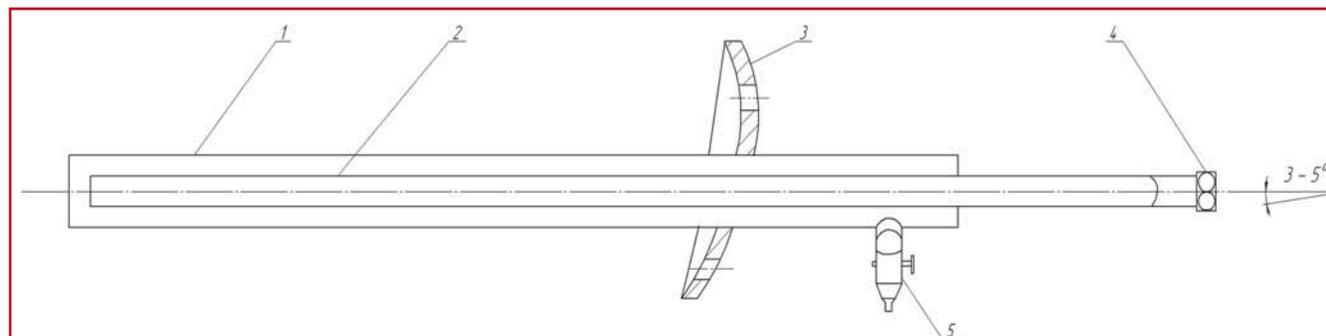


Рис. 4. Трубчатый нагревательный элемент:

1 – наружная труба; 2 – внутренняя труба; 3 – фланец для крепления нагревательного элемента к сферическому дну резервуара; 4 – штуцер для присоединения паропровода; 5 – пробковый кран для отвода конденсата

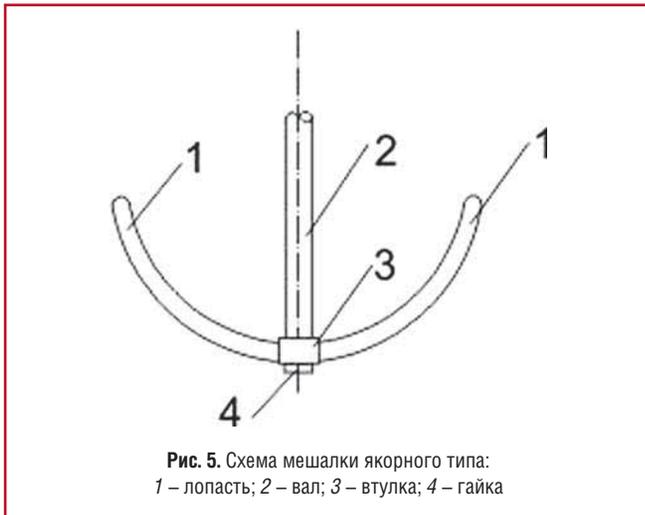


Рис. 5. Схема мешалки якорного типа:
1 – лопасть; 2 – вал; 3 – втулка; 4 – гайка

поступает в подэкранное пространство. Этот процесс продолжается до опорожнения резервуара или остановки перекачки [3].

Интенсификацию процесса локального подогрева рапсового масла при его выдаче из резервуара можно обеспечить путем оптимизации конструктивных параметров подогревательного устройства – поверхности нагревательных элементов, площади экрана, объема подэкранного пространства.

Трубчатый нагревательный элемент имеет конструкцию «труба в трубе», то есть выполнен в виде двух коаксиальных труб. Внутренняя одним концом соединена с внешним источником пара, а вторым – с внутренним пространством наружной трубы. Один конец наружной трубы, находящийся внутри резервуара, глухой, а второй, расположенный с внешней стороны дна резервуара, снабжен краном для слива конденсата (рис. 4).

Компоненты биотоплива – рапсовое масло и дизельное топливо – могут смешиваться как путем заблаговременного приготовления смеси в расходной емкости, так и при подаче исходных компонентов в смесительное устройство непосредственно перед выдачей биотоплива потребителю. Выбор способа приготовления смесового биотоплива зависит от его стабильности. Поскольку стабильность смесового биотоплива достаточно высока (не менее 6 мес. хранения) [4], наиболее простым способом его получения является механическое перемешивание компонентов.

С учетом того, что смесовое биотопливо целесообразно получать в серийно изготавливаемых

горизонтальных цилиндрических резервуарах, для перемешивания исходных компонентов наиболее пригодны мешалки якорного типа, контур рабочего органа которых соответствует внутренней форме сосудов, используемых для приготовления смеси. Для цилиндрического резервуара контур рабочего органа мешалки должен иметь форму части кругового кольца (рис. 5).

Для якорной мешалки, установленной в горизонтальном цилиндрическом резервуаре (рис. 6), целесообразно принять следующие размеры:

$$D_{\text{н}} = 0,9 D_{\text{рез}}; b = 0,05 D_{\text{рез}}; h = 0,45 D_{\text{н}}; l = 0,06 D_{\text{рез}}.$$

Для определения плотности смеси, образующейся при получении смесового биотоплива, можно воспользоваться формулой

$$G_{\text{рм}} = \frac{(\rho_{\text{см}} - \rho_{\text{дт}}) G_{\text{дт}}}{\rho_{\text{рм}} - \rho_{\text{см}}},$$

где $G_{\text{рм}}$, $G_{\text{дт}}$ – соответственно исходная масса рапсового масла и дизельного топлива, кг; $\rho_{\text{см}}$, $\rho_{\text{дт}}$ и $\rho_{\text{рм}}$ – соответственно плотность смеси, дизельного топлива и рапсового масла, кг/м³.

Для смешивания жидкостей непосредственно в потоке целесообразно использовать аппарат струйного типа, то есть устройство, в котором происходит инжекция (рис. 7). Поток жидкости, подаваемый в устройство с большой скоростью, считается рабочим, а поток, подаваемый в устройство за счет инжекции, – инжектируемым.

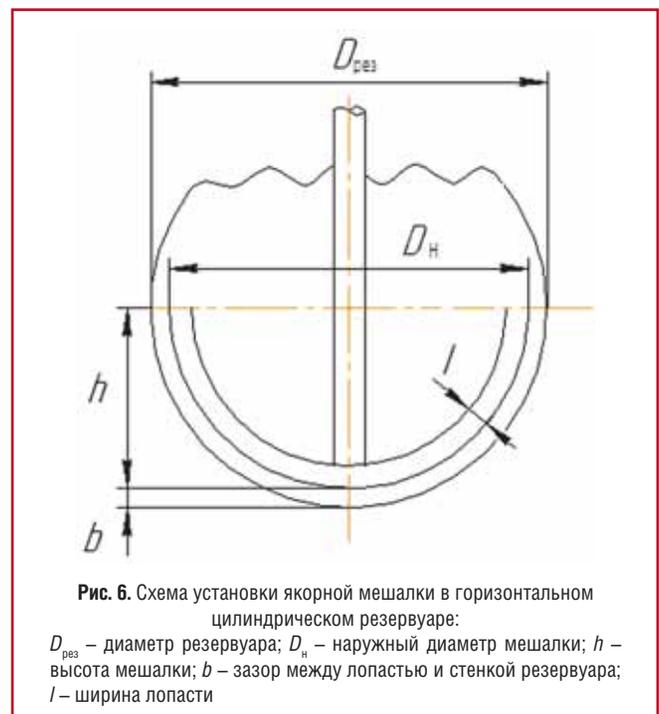


Рис. 6. Схема установки якорной мешалки в горизонтальном цилиндрическом резервуаре:

$D_{\text{рез}}$ – диаметр резервуара; $D_{\text{н}}$ – наружный диаметр мешалки; h – высота мешалки; b – зазор между лопастью и стенкой резервуара; l – ширина лопасти

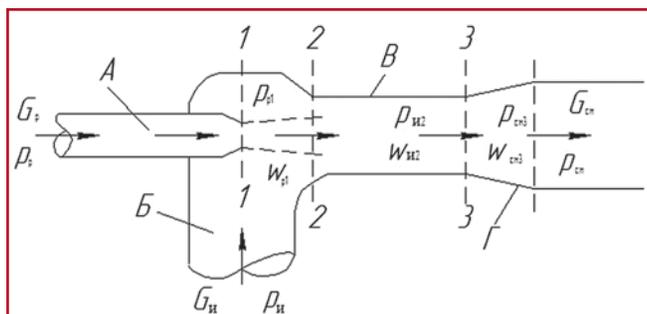


Рис. 7. Принципиальная схема струйного смесителя:

А – рабочее сопло; Б – приемная камера; В – смесительная камера; Г – диффузор; G_p , $G_и$ и $G_{см}$ – массовые расходы соответственно инжектируемой, рабочей сред и смеси, кг/с; w_{p1} – скорость рабочего потока на выходе из сопла, м/с; $w_{и2}$ – скорость инжектируемого потока во входном сечении смесительной камеры, м/с; $w_{см3}$ – скорость потока смеси в выходном сечении смесительной камеры, м/с; p_p , $p_и$ и $p_{см}$ – давления соответственно рабочего и инжектируемого потоков перед струйным смесителем и потока смеси на выходе из диффузора, Па

Скорости рабочего, инжектируемого потоков и смеси соответственно равны

$$w_{p1} = \frac{G_p}{f_{p1} \rho_p}; w_{и2} = \frac{G_и}{f_{и2} \rho_и}; w_{см3} = \frac{G_p + G_и}{f_{см3} \rho_{см}}$$

где ρ_p , $\rho_и$ и $\rho_{см}$ – плотности соответственно рабочей, инжектируемой сред и смеси, кг/м³.

Давления в струйном смесителе равны

$$p_{см3} = p_{см} - \frac{w_{см3}^2 \rho_{см}}{2 \varphi_3^2}; p_{и2} = p_и - \frac{w_{и2}^2 \rho_и}{2 \varphi_4^2};$$

$$p_{p1} = p_p - \frac{w_{p1}^2 \rho_p}{2 \varphi_1^2},$$

где p_{p1} , $p_{и2}$ и $p_{см3}$ – давления соответственно в выходном сечении рабочего сопла, инжектируемом потоке и в смеси, Па; φ_1 , φ_4 и φ_3 – коэффициенты скорости соответственно сопла, входа в камеру смешения и диффузора.

Оптимальное соотношение площади f_{p1} входного сечения 1–1 для рабочего потока и площади $f_{см3}$ выходного сечения 3–3 для приготавливаемой смеси получим при заданном значении перепада давления между рабочим и инжектируемым потоками $\Delta p = (p_p - p_и)$, которое определяется, исходя из технической характеристики подающего насоса и при известном значении коэффициента инжекции u , которое зависит от выбранного соотношения масс рапсового масла и дизельного топлива в смесевом биотопливе [5]. Полученные значения $(f_{см3}/f_{p1})_{опт}$ в зависимости от коэффициента инжекции u приведены ниже.

u	0	1	2	3	4	5	6	10
$(f_{см3}/f_{p1})_{опт}$	1,11	3,8	7,25	11,6	16,9	23,2	30,3	66,4

Пользуясь найденными значениями, можно выбрать оптимальные соотношения сечений струйного

смесителя в зависимости от требуемой концентрации компонентов смесевое биотоплива.

Струйный смеситель может найти применение при необходимости заправки мобильной техники с одновременным смешением биотоплива без предварительного его приготовления. Однако этот способ дороже и технически сложнее, чем механическое перемешивание в резервуаре.

Высокую стабильность показало также смесевое биотопливо, полученное при перемешивании с помощью СВЧ-установки. Это – более экономичный способ с точки зрения энергозатрат и продолжительности перемешивания, но требует соответствующего оборудования.

Прочее оборудование для приготовления смесевое биотоплива, его хранения и заправки техники выбирается из числа технических средств, используемых в системе нефтепродуктообеспечения, к которым относятся резервуары, перекачивающие насосы объемного типа, топливораздаточные колонки, трубопроводные коммуникации и гибкие рукава.

Литература

1. **Нагорнов С.А.** Рекомендации по приготовлению, хранению смесевое биотоплива и заправки сельскохозяйственной техники [Текст] / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, С.В. Романцова, В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2012. – 51 с.
2. Устройство для очистки жидкостей [Текст]: пат. № 2426578 Рос. Федерация: МПК⁷ В 01 D 36 / 00 (2006.01) / В.П. Коваленко, С.А. Галко, Е.Н. Пирогов, Е.А. Улюкина, А.И. Косых, А.С. Буряков – № 2010106751, заявл. 26.02.2010 г., опубл. 20.08.2011. Бюл. № 23. – 7 с.
3. Горизонтальный резервуар для вязких и застывающих жидкостей [Текст]: пат. № 2393105 Рос. Федерация: МПК⁷ В 65 D 88 / 74 (2006.01) / В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина, С.А. Галко, Е.А. Островский, А.С. Новик – № 2009104162, заявл. 10.02.2009 г., опубл. 27.06.2010. Бюл. № 18. – 7 с.
4. **Коваленко В.П.** Исследование стабильности смесевое биотоплива для дизелей при хранении [Текст] / В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина, О.Н. Шайдурова // Международный технико-экономический журнал. – 2008. – № 4. – С. 75-77.
5. **Коваленко В.П.** Оборудование для получения смесевое биотоплива на основе рапсового масла [Текст] / В.П. Коваленко, Е.А. Улюкина, М.Л. Насоновский, Е.А. Островский // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Агроинженерия. – 2008. – № 4 (29). – С. 48-52.

Исследование периода задержки воспламенения биотоплив

Вальехо Мальдонадо П.Р., доцент МГМУ (МАМИ), к.т.н.,
С.В. Гусаков, профессор, зав. кафедрой РУДН, д.т.н.,
С.Н. Девянин, профессор, зав. кафедрой МГАУ им. В.П. Горячкина, д.т.н.,
В.А. Марков, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
Е.Г. Пономарев, доцент, директор ППП «Агродизель», к.т.н.

Описана созданная установка, позволяющая проводить экспериментальные исследования периода задержки воспламенения различных топлив для дизелей в условиях моторного стенда. Проведено определение кинетических констант воспламенения нефтяного дизельного топлива и различных биотоплив.

Ключевые слова: дизельный двигатель, период задержки воспламенения, дизельное топливо, смесевое биотопливо, эмульсия, рапсовое масло, этиловый спирт.

Основные требования, предъявляемые в настоящее время к двигателям внутреннего сгорания (ДВС), регламентируют содержание в отработавших газах токсичных компонентов – оксидов азота, монооксида углерода, несгоревших углеводородов и сажи. Эффективным средством удовлетворения указанных требований является добавление в нефтяное дизельное топливо кислородсодержащих присадок, в качестве которых могут использоваться растительные масла, сложные эфиры растительных масел, различные эфиры и спирты. Среди этих добавок следует выделить метанол и этанол: в молекулах метилового спирта массовое содержание кислорода составляет около 50 %, а в молекулах этилового спирта – около 35 % [1, 2]. Использование метанола в качестве кислородсодержащей присадки (оксигенат) к дизельному топливу сдерживается токсичностью этого спирта. Поэтому наиболее перспективно использование для этих целей этилового спирта (этанол).

Все большее применение на транспорте находят биотоплива [1, 2]. Это обусловлено, с одной стороны,

истощением нефтяных месторождений и ростом мировых цен на нефтепродукты, а с другой – необходимостью решения острых экологических проблем, включая снижение выбросов в атмосферу основного парникового газа – диоксида углерода (углекислый газ) [3]. Экологичность, преимущества и перспективы производства биотоплива из растительного сырья доказаны результатами его применения во многих странах мира [4, 5]. В ряде стран (Бразилия, США и др.) биоэтанол уже достаточно широко используют как топливо для двигателей с принудительным воспламенением. Причем, себестоимость производства биоэтанола существенно ниже цены нефтяного дизельного топлива (в Бразилии, например, производство 1 л биоэтанола составляет около 0,2 долл./л).

Возможно использование этого вида топлива и в дизельных двигателях [6-8]. Сжигание биоэтанола в дизелях при повышенных степенях сжатия и больших значениях коэффициента избытка воздуха более эффективно, чем в двигателях с принудительным воспламенением рабочей смеси. Из-за указанных причин расход топлива

в дизелях на 15...20 % ниже по сравнению с расходом топлива в двигателях с принудительным воспламенением [9, 10].

Вопрос более эффективного применения альтернативных топлив растительного происхождения и в настоящее время остается актуальным. Для его решения необходимо рассмотреть новые способы организации рабочего процесса дизелей, новые конструктивные решения элементов, обеспечивающих протекание внутрицилиндровых процессов, новые значения регулировочных параметров и др. Для решения этих задач разработаны расчетные методы и программные продукты, для эффективного использования которых необходимо правильное задание исходных параметров исследуемых топлив. К ним относятся цетановое число, характеризующее способность топлива к самовоспламенению через длительность индикаторного периода задержки воспламенения (τ).

Для расчета продолжительности индикаторного периода задержки воспламенения часто используют ее зависимость от температуры и

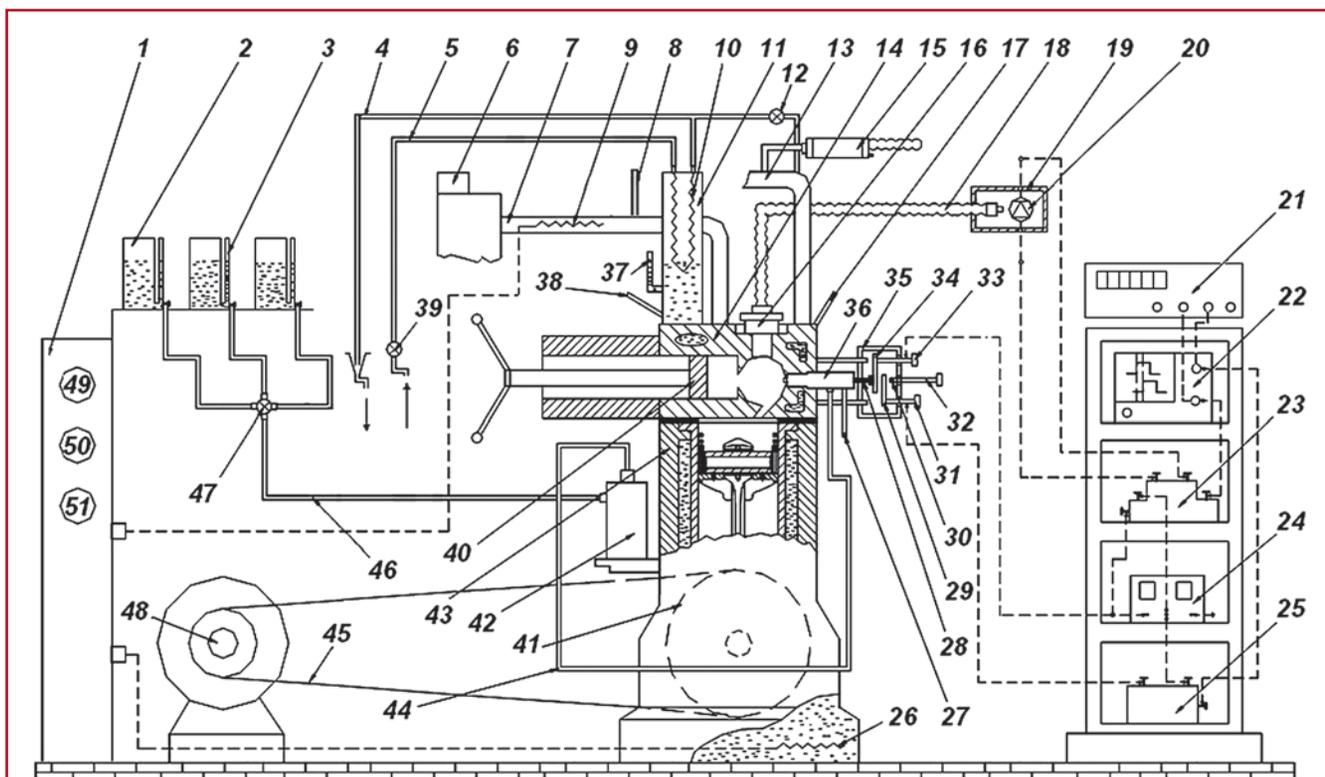


Рис. 1. Схема модернизированной установки ИДТ-69:

1 – пульт управления; 2 – емкость исследуемых топлив; 3 – мензурка; 4 и 5 – слив и подвод охлаждающей воды; 6 – расходомер воздуха; 7 – впускной коллектор; 8 – подогреватель воздуха на впуске; 9, 17, 38 – термометр; 10 – теплообменник; 11 – расширительный бак; 12, 39 – кран воды; 13 – выхлопная трубка; 14 – головка отсека; 15 – отборник отработавших газов (дымомер); 16 – оптический датчик; 18 – световод; 19 – фотодатчик; 20 – фотодиод; 21 – частотомер; 22 – осциллограф; 23 – усилитель; 24 – блок питания; 25 – электрический фильтр; 26 – подогреватель масла; 27 – слив топлива форсунки; 28 – изолятор; 29, 34 – контакты движения иглы форсунки; 30 и 33 – клемма и винт регулировки зазора между контактами; 31, 32 – винт; 35 – датчик хода иглы форсунки; 36 – штифтовая форсунка; 37 – мензурка системы охлаждения отсека; 40 – регулировочный поршень; 41 – маховик отсека; 42 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 43 – одноцилиндровый отсек; 44 – топливопровод высокого давления; 45 – ременная передача; 46 – топливопровод низкого давления; 47 – кран переключения исследуемых топлив; 48 – электродвигатель привода отсека; 49 – манометр; 50 – реостат; 51 – термометр

давления начала сжатия, полученную для реакций с нормальной кинетикой [11]

$$\tau_i = c p^{-(n-1)} e^{-\frac{E}{RT}}, \quad (1)$$

где c – постоянный множитель; p – давление в момент начала впрыскивания топлива; n – показатель порядка реакции; E – условная энергия активации; R – газовая постоянная; T – температура в момент начала впрыскивания топлива.

При определении τ_i важно правильно выбрать постоянные коэффициенты, входящие в уравнение (1). Однако многие работы по исследованию воспламеняемости жидких топлив для определения их кинетических констант проводились в бомбах. В них рабочий

процесс (статическое состояние заряда в момент впрыскивания топлива, постоянство объема камеры сгорания, невозможность воспроизведения нескольких последовательных циклов и др.) сильно отличается от рабочего процесса дизелей. Кроме того, публикуемые значения постоянных коэффициентов E , n , c в различных источниках [11-13] весьма часто не дают сведений ни о применяемых методах измерения или расчета, ни об условиях, в которых проводились опыты. Данное обстоятельство может привести к ошибке в математических расчетах и впоследствии к противоречивым выводам.

Кинетические константы E , n , c для рапсового масла и его смесей с

этиловым спиртом до настоящего времени в литературе не приводились, что затрудняет моделирование рабочего процесса дизеля, использующего, в частности, выбранные нетрадиционные топлива.

Нахождение кинетических констант E , n , c топлив для уравнения (1) возможно при их экспериментальном исследовании в различных условиях воспламенения. Эта задача может быть решена при рассмотрении результатов трех различных испытаний, при которых изменяются температура и давления рабочего тела. В частности, изменение условий воспламенения топлива в двигателе достигается путем изменения момента начала впрыскивания и (или) степени сжатия.

В результате имеем систему из трех уравнений с тремя неизвестными константами:

$$\begin{aligned}\tau_{i1} &= c p_1^{-(n-1)} e^{\frac{E}{RT_1}}; \\ \tau_{i2} &= c p_2^{-(n-1)} e^{\frac{E}{RT_2}}; \\ \tau_{i3} &= c p_3^{-(n-1)} e^{\frac{E}{RT_3}}.\end{aligned}\quad (2)$$

Или после логарифмирования получаем:

$$\begin{aligned}\ln \tau_{i1} &= \ln c - (n-1) \ln p_1 + \frac{E}{RT_1}; \\ \ln \tau_{i2} &= \ln c - (n-1) \ln p_2 + \frac{E}{RT_2}; \\ \ln \tau_{i3} &= \ln c - (n-1) \ln p_3 + \frac{E}{RT_3}.\end{aligned}\quad (3)$$

В результате решения системы трех уравнений с тремя неизвестными получаем зависимости для определения кинетических констант E, n, c :

$$n = 1 - \frac{\left[\left(-\frac{T_2}{T_2 - T_1} \right) \ln \tau_{i2} + \left(\frac{T_1}{T_2 - T_1} \right) \ln \tau_{i1} + \left(\frac{T_3}{T_3 - T_1} \right) \ln \tau_{i3} - \left(\frac{T_1}{T_3 - T_1} \right) \ln \tau_{i1} \right]}{\left[\left(-\frac{T_2}{T_2 - T_1} \right) \ln p_2 + \left(\frac{T_1}{T_2 - T_1} \right) \ln p_1 + \left(\frac{T_3}{T_3 - T_1} \right) \ln p_3 - \left(\frac{T_1}{T_3 - T_1} \right) \ln p_1 \right]}; \quad (4)$$

$$c = e^{\left[\frac{T_2 \ln \tau_{i2} - T_2 (1-n) \ln p_2 - T_1 \ln \tau_{i1} + T_1 (1-n) \ln p_1}{(T_2 - T_1)} \right]}; \quad (5)$$

$$E = RT_1 [\ln \tau_{i1} - \ln c - (1-n) \ln p_1]. \quad (6)$$

Проведение исследований при различных условиях требует серьезного подхода к оценке влияющих факторов. На период задержки воспламенения в дизеле влияет не только цетановое число топлива, но и другие факторы: например, условия на впуске, температура и давление в цилиндре, режим работы, условия теплообмена, состав смеси, качество распыливания топлива и т.д. Поэтому для оценки влияния характеристик топлива на период задержки воспламенения важно проводить исследование в сопоставимых условиях при

контроле влияющих факторов и управлении ими.

Для таких исследований целесообразно использовать разработанную в РУДН установку ИДТ-69, предназначенную для оценки воспламеняемости дизельных топлив методом совпадения вспышек, с устройствами, необходимыми для стабилизации внешних условий. Для повышения точности и удобства измерения установка ИДТ-69 модернизирована (рис. 1).

Установка представляет собой стенд с одноцилиндровым вихрекамерным дизельным отсеком 43, приводимым электродвигателем 48 для поддержания постоянной частоты вращения коленчатого вала и осуществления пуска. Работой установки управляют с пульта 1, который также

Степень сжатия в установке изменяется перемещением регулировочного поршня 40 в головке 14 отсека с помощью винтовой пары. В результате изменяется объем вихревой камеры сгорания, которая имеет цилиндрическую форму с соединительным каналом, расположенным тангенциально в вихревой камере и соединяющим ее с полостью над поршнем. В вихревой камере по оси цилиндрической части установлена форсунка 36 со штифтовым распылителем и контактным датчиком 35 контроля движения иглы распылителя.

На цилиндрической поверхности вихревой камеры в зоне топливной струи форсунки установлен оптический датчик 16 контроля момента воспламенения струи топлива. Фотоприемная часть датчика 19 удалена от отсека с помощью световода 18, что позволяет термостабилизировать работу электронной части датчика. Для возможности анализа отработавших газов выхлопная система 13 имеет отборник 15.

Для определения периода задержки воспламенения на установке ИДТ-69 была разработана система измерения времени между началом впрыскивания (подъем иглы распылителя) и началом воспламенения струи топлива (появление светового сигнала от фотодатчика). Для этого штатный датчик мембранного типа заменен оптическим датчиком, состоящим из оптического приемника и фотодатчика. Оптический приемник установлен на место штатного мембранного датчика и с помощью световода связан с фотодатчиком. Предложенный метод определения периода задержки воспламенения на установке ИДТ-69 позволил повысить точность эксперимента и удобство обработки регистрации сигнала.

В приемнике оптического датчика (рис. 2) используется кварцевое стекло с низким коэффициентом расширения, за счет которого оно выдерживает высокую температуру, способствующую самоочищению его поверхности от нагара.

Период задержки воспламенения на установке ИДТ-69 определялся следующим образом: сигнал от датчика хода иглы форсунки 35 поступал на первый вход осциллографа 22 (см. рис. 1). Момент начала воспламенения топлива регистрировался фотодиодом 20, размещенным в оптической схеме световода 18, передающего световой сигнал. Излучение через кварцевое стекло 9 оптического датчика (см. рис. 2) поступало на фотодиод 20 фотодатчика 19 (см. рис. 1). Полученный в датчике электрический сигнал после усиления в усилителе 23 подавался

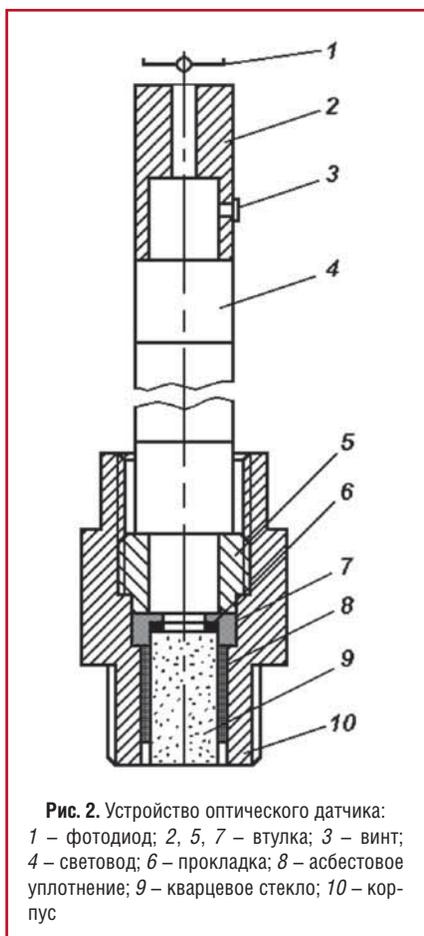


Рис. 2. Устройство оптического датчика: 1 – фотодиод; 2, 5, 7 – втулка; 3 – винт; 4 – световод; 6 – прокладка; 8 – асбестовое уплотнение; 9 – кварцевое стекло; 10 – корпус

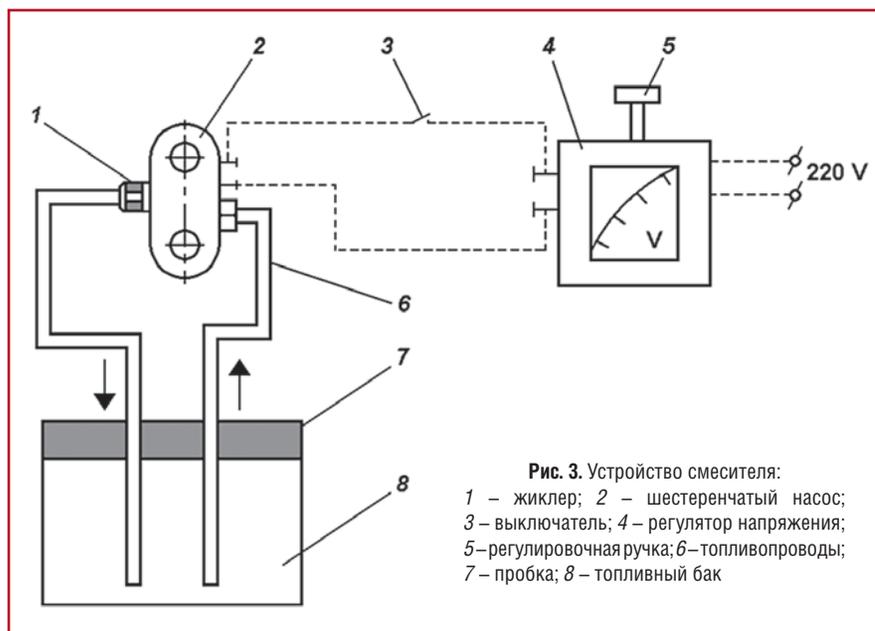


Рис. 3. Устройство смесителя: 1 – жиклер; 2 – шестеренчатый насос; 3 – выключатель; 4 – регулятор напряжения; 5 – регулировочная ручка; 6 – топливопроводы; 7 – пробка; 8 – топливный бак

на второй вход осциллографа 22. Период задержки воспламенения регистрировался непосредственно на экране осциллографа по смещению сигналов от датчиков хода иглы форсунки и фотодиода. После отладки измерительной системы осциллограф был заменен частотомером ЧЗ-63/1 (позиция 21), работающим в режиме измерения длительности импульсов.

Такая установка позволяет проводить контролируемый эксперимент, в котором можно с малой погрешностью стабилизировать следующие факторы:

- угол опережения впрыскивания топлива;
- цикловую подачу топлива;
- частоту вращения коленчатого вала;
- температуру охлаждающей жидкости, масла и воздуха на впуске;
- движение воздушного заряда в камере сгорания.

Быстрый перевод установки на работу с различными исследуемыми топливами позволяет оценить продолжительность периода задержки воспламенения для этих топлив и влияние на него температуры и

давления в камере сгорания, которыми при работе установки можно управлять путем изменения степени сжатия.

Исследование топлив, содержащих рапсовое масло и этиловый спирт, потребовало создания специального смесителя (рис. 3), который позволял получать смесь (эмульсия) рапсового масла и спирта без добавления эмульгатора, присутствие которого могло повлиять на продолжительность периода задержки воспламенения и исказить результат.

Смеситель (эмульгирующее устройство), смонтированный на установке ИДТ-69, забирал топливо из емкости 2 (см. рис. 1) и возвращал его обратно. В процессе циркуляции по системе смесь перемешивалась. Производительность смесителя регулировалась изменением частоты вращения электропривода насоса. На выходе из шестеренчатого насоса был установлен жиклер для повышения эффективности перемешивания и устранения образования паровоздушной фазы вследствие активного испарения легких фракций этилового спирта.

Таблица 1

Кинематическая вязкость и плотность топлив при температуре 15 °С

Топливо	Кинематическая вязкость ν , мм ² /с	Плотность ρ , кг/м ³
ДТ	7,2	840
РМ	112,9	921
90 % РМ+10 % ЭС	59,5	902
70 % РМ+30 % ЭС	47,2	890

В процессе эксперимента исследовались четыре топлива: дизельное топливо (ДТ), рапсовое масло (РМ), смесь (эмульсия) рапсового масла и этилового спирта (ЭС) в соотношении 90:10, смесь (эмульсия) рапсового масла и этилового спирта в соотношении 70:30.

Испытания различных топлив проводились при одинаковом коэффициенте избытка воздуха $\alpha=2,2$, что позволяло сохранить тепловое состояние камеры сгорания. Перед началом испытаний измерялась кинематическая вязкость ν и плотность ρ исследуемых топлив при 15 °С (табл. 1).

Исследования продолжительности периода задержки воспламенения различных топлив на модернизированной установке по изложенной методике были проведены в два этапа. На первом этапе варьировалась

степень сжатия, а угол опережения впрыскивания сохранялся неизменным, на втором – степень сжатия сохранялась постоянной, а изменялся угол опережения впрыскивания.

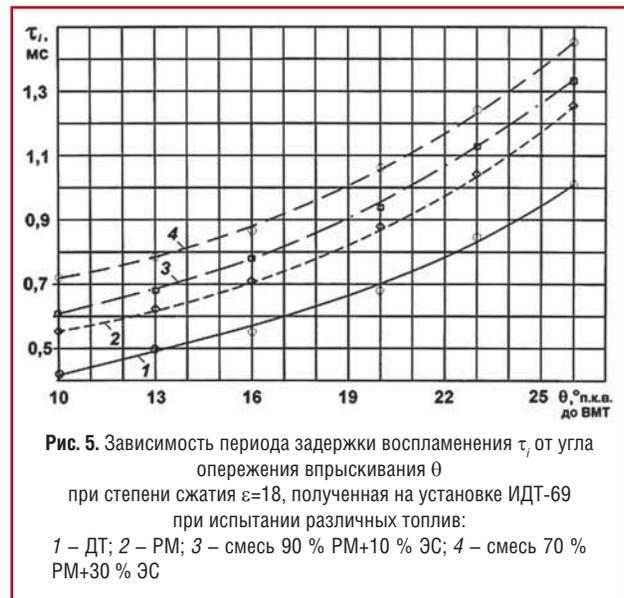
Исследования проведены для следующих топлив: ДТ, РМ, смеси 90 % РМ+10 % ЭС и смеси 70 % РМ+30 % ЭС (указан объемный состав смесей).

Полученные результаты экспериментов (рис. 4) по периоду задержки воспламенения τ_i хорошо аппроксимируются кривыми, монотонно снижающимися при росте степени сжатия ϵ . Для каждого топлива кривая имеет

свой характер изменения. Во всем исследованном диапазоне степени сжатия наименьший период задержки воспламенения имеет ДТ. Для РМ, имеющего меньшее цетановое число, этот период увеличивается. Наибольший период задержки воспламенения отмечен для смесей РМ и ЭС, причем рост содержания этилового спирта увеличивает задержку воспламенения. Полученный результат хорошо согласуется с известными данными по цетановым числам отдельных компонентов. Наибольшим цетановым числом обладает дизельное топливо (45...49), затем идут рапсовое

масло (35...38) и этиловый спирт (6...9). При степенях сжатия $\epsilon < 14$, угле опережения впрыскивания $\theta = 13$ °п.к.в. до ВМТ и использовании рапсового масла и его смесей с этиловым спиртом воспламенение топлива уже не наблюдалось.

Аналогичные результаты испытаний этих топлив получены при изменении угла опережения впрыскивания θ от 10 до 26 °п.к.в. до ВМТ при степени сжатия $\epsilon = 18$ (рис. 5). Увеличение θ приводит к снижению температуры рабочего тела в камере сгорания в момент начала впрыскивания, что увеличивает задержку воспламенения τ_i .



Для определения кинетических констант уравнения (1) полученные результаты экспериментальных исследований были обработаны с учетом температуры и давления в цилиндре в момент начала впрыскивания топлива. Методика определения условий в цилиндре двигателя заключалась в следующем. Давление в цилиндре, соответствующее началу впрыскивания топлива, определялось непосредственно по развернутой диаграмме (рис. 6), полученной индицированием сжатия и расширения в цилиндре установки ИДТ-69 при разных степенях сжатия $\epsilon = 12...22$.

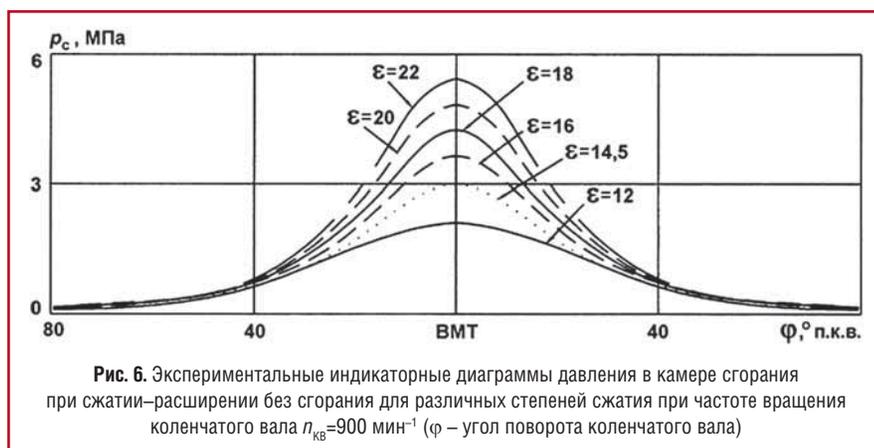


Рис. 6. Экспериментальные индикаторные диаграммы давления в камере сгорания при сжатии–расширении без сгорания для различных степеней сжатия при частоте вращения коленчатого вала $n_{кв}=900 \text{ мин}^{-1}$ (φ – угол поворота коленчатого вала)

При допущении о постоянстве показателя политропы сжатия k давление p и температура T в цилиндре установки в момент начала впрыскивания топлива могут быть определены следующим образом:

$$p = p_a \left(\frac{V_a}{V} \right)^k \text{ и } T = T_a \left(\frac{V_a}{V} \right)^{(k-1)}, \quad (7)$$

где p_a – давление в цилиндре в начале такта сжатия в нижней мертвой точке (НМТ); $V_a = V_h + V_c$ – объем рабочего тела над поршнем в НМТ (V_h – рабочий объем цилиндра; V_c – объем рабочего тела в конце такта сжатия); k – показатель политропы сжатия; V – объем рабочего тела в момент начала

впрыскивания топлива; T_a – температура воздуха в НМТ.

Текущий удельный объем рабочего тела с учетом кинематики движения поршня в установке ИДТ-69 можно найти по выражению

$$V = \frac{V_h + V_c}{\epsilon} \left[1 + \frac{\epsilon - 1}{2} \left(\frac{1 + \lambda_{ш}}{\lambda_{ш}} - \cos \varphi - \frac{1}{\lambda_{ш}} \sqrt{1 - \lambda_{ш}^2 \sin^2 \varphi} \right) \right], \quad (8)$$

где $V_c = V_h / (\epsilon - 1)$ – объем камеры сгорания; $\lambda_{ш} = r / l_{ш}$ – параметр шатуна; φ – текущий угол поворота коленчатого вала двигателя.

При расчетах принято: атмосфер-

ное давление $p_0 = 0,1034 \text{ МПа}$; температура воздуха в НМТ $T_a = 343 \text{ К}$; рабочий объем $V_h = 6,25 \times 10^{-4} \text{ м}^3$; диаметр цилиндра $D = 0,085 \text{ м}$; ход поршня $S = 0,115 \text{ м}$; радиус кривошипа $r = S/2$; длина шатуна $l_{ш} = 0,266 \text{ м}$.

При обработке экспериментальных данных показатель политропы сжатия можно найти по формуле

$$k = \frac{\ln \left(\frac{p_c}{p_a} \right)}{\ln \epsilon}, \quad (9)$$

где p_c – давление в конце сжатия.

По описанной методике обработки экспериментальных данных первой серии испытаний при угле опережения впрыскивания $\theta = 13^\circ \text{ п.к.в.}$ до ВМТ были получены кинетические

константы E, n, c (табл. 2).

Кинетические константы, полученные при обработке результатов испытаний второй серии исследований, приведены в табл. 3.

Таблица 2

Значение кинетических констант E, n, c при постоянном угле опережения впрыскивания $\theta = 13^\circ \text{ п.к.в.}$ до ВМТ

Топливо	ϵ	p , МПа	T , К	τ_i , мс	E , МДж/кмоль	n	c
ДТ	12	1,7	593	1,099	12,41	1,51	0,118
	14,5	2,3	673	0,705	12,40		
	16	2,6	700	0,610	12,41		
	18	3,1	748	0,490	12,40		
	20	3,5	791	0,409	12,40		
	22	4,0	836	0,347	12,39		
РМ	16	2,6	700	0,777	15,08	1,33	0,080
	18	3,1	748	0,623	15,07		
	20	3,5	791	0,521	15,07		
	22	4,0	836	0,442	15,06		
90 % РМ+10 % ЭС	16	2,6	700	0,869	17,25	1,20	0,054
	18	3,1	748	0,695	17,25		
	20	3,5	791	0,581	17,25		
	22	4,0	836	0,493	17,25		
70 % РМ+30 % ЭС	16	2,6	700	0,990	19,84	0,94	0,031
	18	3,1	748	0,801	19,83		
	20	3,5	791	0,678	19,84		
	22	4,0	836	0,582	19,83		

Таблица 3

Кинетические константы E , n , c при постоянной степени сжатия $\varepsilon = 18$

Топливо	θ , °п.к.в. до ВМТ	p , МПа	T , К	τ , мс	E , МДж/кмоль	n	c
ДТ	16	2,7	724	0,559	12,40	1,51	0,118
	21	2,1	675	0,739			
	26	1,6	624	1,017			
РМ	16	2,7	724	0,705	15,08	1,33	0,080
	21	2,1	675	0,920			
	26	1,6	624	1,255			
90 % РМ+10 % ЭС	16	2,7	724	0,780	17,25	1,20	0,054
	21	2,1	675	1,010			
	26	1,6	624	1,372			
70 % РМ+30 % ЭС	16	2,7	724	0,880	19,83	0,94	0,031
	21	2,1	675	1,101			
	26	1,6	624	1,449			

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что снижение цетановых чисел компонентов исследуемых топлив приводит к увеличению энергии их активации. Отмечена значительная зависимость периода задержки воспламенения от температуры рабочей смеси, что ухудшает эксплуатационные качества этих топлив для условий России, где температура окружающей среды может изменяться от -40 до 40 °С. Условная энергия активации для топлива из рапсового масла с 30%-м содержанием спирта на 60 % выше, чем для дизельного топлива.

Вместе с тем, с ростом чувствительности к температуре снижается чувствительность топлив к давлению (для смеси 70 % РМ+30 % ЭС порядок реакции $n \rightarrow 1$). Такое качество топлива является положительным для двигателей с наддувом, в которых давление в цилиндре в конце такта сжатия сильно меняется при изменении нагрузки на двигатель и частоты вращения. Так, показатель порядка реакции n для дизельного топлива на 38 % выше, чем у топлива из рапсового масла с 30 % спирта. Постоянный множитель c для этих топлив отличался в 3,8 раза.

В заключение следует отметить следующее.

- Создана экспериментальная установка на базе ИДТ-69, позволяющая проводить исследования периода задержки воспламенения различных топлив для дизелей в условиях моторной установки.

- Исследования различных топлив показали существенную зависимость продолжительности периода задержки воспламенения от вида используемого топлива. Для исследованных топлив различия в значениях энергии активации E достигают 60 %,

показателей порядка реакции $n - 37$ %, а постоянного множителя $c - 3,8$ раза. Использование неверных значений кинетических констант в расчетных исследованиях может привести к существенным ошибкам.

- Получены кинетические константы для рапсового масла и его смесей (эмульсии) с этиловым спиртом, которые могут быть использованы для расчетных исследований рабочего процесса дизеля при работе на этих топливах.

Литература

- Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.В. Багров и др. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. – М.: ООО НИЦ «Инженер», 2012. – 791 с.
- Гусаков С.В. Перспективы применения в дизелях альтернативных топлив из возобновляемых источников. – М.: РУДН, 2008. – 318 с.
- Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Деяннин, В.Г. Семенов и др. – М.: ООО НИЦ «Инженер», 2011. – 536 с.
- Биоэнергетика: Мировой опыт и прогнозы развития / Л.С. Орстик, Н.Т. Сорокин, В.Ф. Федоренко и др. Под ред. В.Ф. Федоренко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
- Карпов С.А., Капустин В.М., Старков А.К. Автомобильные топлива с биоэтанолам. – М.: КолосС, 2007. – 216 с.
- Ahmed I. Oxygenated Fuel: Emissions and Performance Characteristics of Ethanol-Diesel Blends in CI Engines // SAE Technical Paper Series. – 2001. – № 2001-01-2475. – P. 1-6.
- Chaplin J., Janius R. Ethanol Fumigation of a Compression-Ignition Engine Using Advanced Injection of Diesel Fuel // Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. – 1987. – Vol. 30. – № 3. – P. 610-614.
- Corkwell K.C., Jackson M.M., Daly D.T. Review of Exhaust Emissions of Compression Ignition Engines Operating on E Diesel Fuel Blends // SAE Technical Paper Series. – 2003. – № 2003-01-3283. – P. 1-16.
- Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др. Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
- Двигатели внутреннего сгорания. Том 1. Теория рабочих процессов: учеб. для вузов / В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачян и др. Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 2005. – 479 с.
- Войнов А.Н. Сгорание в быстроходных поршневых двигателях. – М.: Машиностроение, 1977. – 277 с.
- Дубовкин Н.Ф. Справочник по углеводородным топливам и их продуктам сгорания. – М.: Машиностроение, 1962. – 288 с.
- Чулков П.В. Моторные топлива: ресурсы, качество, заменители. Справочник. – М.: Политехника, 1998. – 416 с.

Особенности развития топливных факелов в цилиндре дизеля при работе на этаноле

В.А. Лиханов,

заведующий кафедрой ФГБОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», д.т.н.,

А.С. Полевщиков,

инженер ФГБОУ ВПО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия», аспирант

Приведены результаты исследований двигателя Д-120 (2Ч10,5/12,0) при работе на этаноле с использованием двойной системы топливоподачи. Рассмотрены процессы впрыскивания дизельного топлива и этанола, смесеобразования и сгорания топлив в цилиндре дизеля на установившихся режимах. Изучена теоретическая возможность расширения топливной базы имеющихся современных дизелей путем применения этанола. Описано влияние применения этанола на смесеобразование и сгорание.

Ключевые слова: дизель, этанол, двойная система топливоподачи, процессы впрыскивания и смесеобразования, сгорание.

На базе научно-исследовательской лаборатории кафедры ДВС Вятской ГСХА проведены исследования с целью улучшения экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле с двойной системой топливоподачи (ДСТ) путем снижения содержания токсичных компонентов в отработавших газах (ОГ). В результате применения этанола было достигнуто определенное улучшение экологических и эффективных показателей [1, 2].

Рассмотрим процессы, происходящие в цилиндре дизеля и приведшие к положительным результатам. Как известно, получить в дизеле с полусферической камерой, в частности в дизеле 2Ч 10,5/12,0, управляемое сгорание с плавным нарастанием давления, определяемым законом подачи топлива, можно, применяя так называемое ступенчатое впрыскивание с подачей вначале небольшой порции топлива, а затем его основной массы.

Вариантом ступенчатого впрыскивания можно считать процесс, осуществляемый с помощью дополнительной системы топливоподачи. В этом случае возможно применение двух топлив: основного и запального. Основным топливом в рассматриваемом случае является этиловый спирт, запальным – дизельное топливо, которое необходимо для протекания предпламенных реакций, инициирования воспламенения и горения топлив в цилиндре дизеля. Запальное дизельное топливо также необходимо из-за низкой способности этилового спирта к самовоспламенению при сжатии в цилиндре дизеля.

Для быстрого и полного сгорания жидкого топлива при впрыскивании необходимо обеспечить максимальную поверхность контакта жидкости с воздухом для интенсивного теплообмена и наибольший объем смеси, охваченной факелом, для более полного

использования воздуха. В рассматриваемом дизеле это достигается за счет строгой ориентации сопловых отверстий распылителя и, следовательно, струй топлива относительно камеры сгорания, что и приводит к оптимальному смесеобразованию.

В дизеле 2Ч 10,5/12,0 при работе на этаноле с ДСТ смесеобразование осуществляется в полусферической камере сгорания (КС), расположенной в поршне со смещением к форсункам (рисунок), и обеспечивается кинетической энергией впрыснутого топлива и энергией воздушного заряда. Топливо в КС впрыскивается распылителями. Штатные распылители с тремя сопловыми отверстиями используются для подачи этанола. Для подачи запальной порции ДТ используются распылители оригинальной конструкции также с тремя сопловыми отверстиями, расположенными в носке распылителя под углами, ориентированными по осям впрыскивания этанола. Диаметры сопловых отверстий

распылителей – 0,30 мм каждое, эффективное проходное сечение отверстий – $\mu f = 0,162 \dots 0,182 \text{ мм}^2$.

При ДСТ большое влияние на мощностные и экологические показатели дизеля оказывают диаметр и взаимное расположение сопловых отверстий распылителя. Диаметр выбирался исходя из условия обеспечения требуемой дальности топливного факела, а расположение – исходя из необходимости достижения пересечения факелов запального ДТ и этанола.

Феноменологическая многозональная модель смесеобразования разработана для использования в дизелях с непосредственным впрыском. Основные процессы в цилиндре – впрыскивание, образование аэрозоля, испарение капель, воздушно-топливное смешивание, взаимодействие струй и стенок КС, воспламенение и горение топлива – являются основополагающими при анализе. Для того, чтобы смоделировать процессы, происходящие в цилиндре дизеля в широком диапазоне оборотов двигателя, нагрузку и состав топливовоздушной смеси в переходных режимах, были учтены характер распределения скорости частиц топлива в струе, местные завихрения, свойства газов в цилиндре и химические реакции сгорания топлива, в том числе твердого углерода.

Очень важным является понимание внутрицилиндровых процессов в целях обеспечения эффективных мер по сокращению выбросов загрязняющих веществ и оптимизации горения. Моделирование процессов является важным инструментом для понимания как процесса сгорания, так и проектирования двигателей.

Многие аспекты, например, точность определения выбросов выхлопных газов и изменения

давления в цилиндре, нуждаются в совершенствовании моделей процессов сгорания. Предлагаемая феноменологическая модель была разработана для анализа работы двигателя в установившемся рабочем состоянии.

Базовая концепция модели заключается в следующем. Топливо впрыскивается в камеру сгорания, разделенную условно на множество мелких зон. Процессы в каждой зоне, например, распад струи, испарение, воздушно-топливное смешивание, воспламенение, тепловыделение, теплообмен и образование выхлопных газов, прослеживаются и рассчитываются для определения зональных температур и состава смеси. Модель может содержать подмодели развития струи топлива, его смешивания с воздухом, испарения капель, теплоотдачи зон, сгорания, формирования токсичных компонентов и позволяет определять свойства газа и компоненты химического равновесия.

Выходящая из сопла струя под действием начальных возмущений в канале распылителя на выходе из него разделяется на отдельные нити и капли и под влиянием сил поверхностного натяжения, а также аэродинамического сопротивления сжатого в КС воздуха приобретает форму факела [3].

При рассмотрении элементарного объема топлива в ядре топливного факела можно предположить, что капли, двигаясь по следам предыдущих, практически не испытывают сопротивления среды, за исключением воздействия силы со стороны воздушного вихря в КС, который отклоняет факел и пары топлива от прямолинейного движения в направлении, перпендикулярном к оси соплового отверстия.

Интенсивного испарения и тепло-массообмена в этот момент не происходит, но имеет место взаимная диффузия топлива и воздуха. Данные положения относятся в равной мере к обоим топливам – ДТ и этанолу.

Если принять, что в ядре факела воздух отсутствует, то есть $\alpha = 0$, то по мере приближения к периферии факела концентрация топлива уменьшается, а коэффициент избытка воздуха повышается, и на внешней поверхности струи, точнее, в непосредственной близости от нее $\alpha = \infty$.

Следовательно, можно предположить, что каждая из струй ДТ и этанола условно делится на пять зон (см. рисунок): обедненные зоны этанола 5 и ДТ 10, зоны, обогащенные этанолом 4 и ДТ 9, зоны, переобогащенные этанолом 3 и ДТ 8, оболочки факелов этанола 2 и ДТ 7, ядро факелов этанола 1 и ДТ 6.

Кинетическая энергия первых жидких частиц расходуется на преодоление сопротивления воздушного вихря, что проявляется в виде искривления траектории движения капель и потоков. При этом на границах соседних зон частицы из более глубоких зон имеют большую скорость, а соответственно и энергию, чем частицы внешних слоев, что позволяет им продвигаться на большие расстояния. Внешние же слои за счет сопротивления воздуха увлекаются воздушным вихрем и заменяются свежим воздушным зарядом.

Во фронтальных зонах 12-14 факелов ДТ начинается активное взаимодействие капель жидкого ДТ со струями этанола, стенками КС и воздушным вихрем, заключающееся как в силовом взаимодействии, выражающемся в столкновении

капель различных топлив, взаимном проникновении потоков, торможении капель топлива, так и в тепловом, приводящем к росту

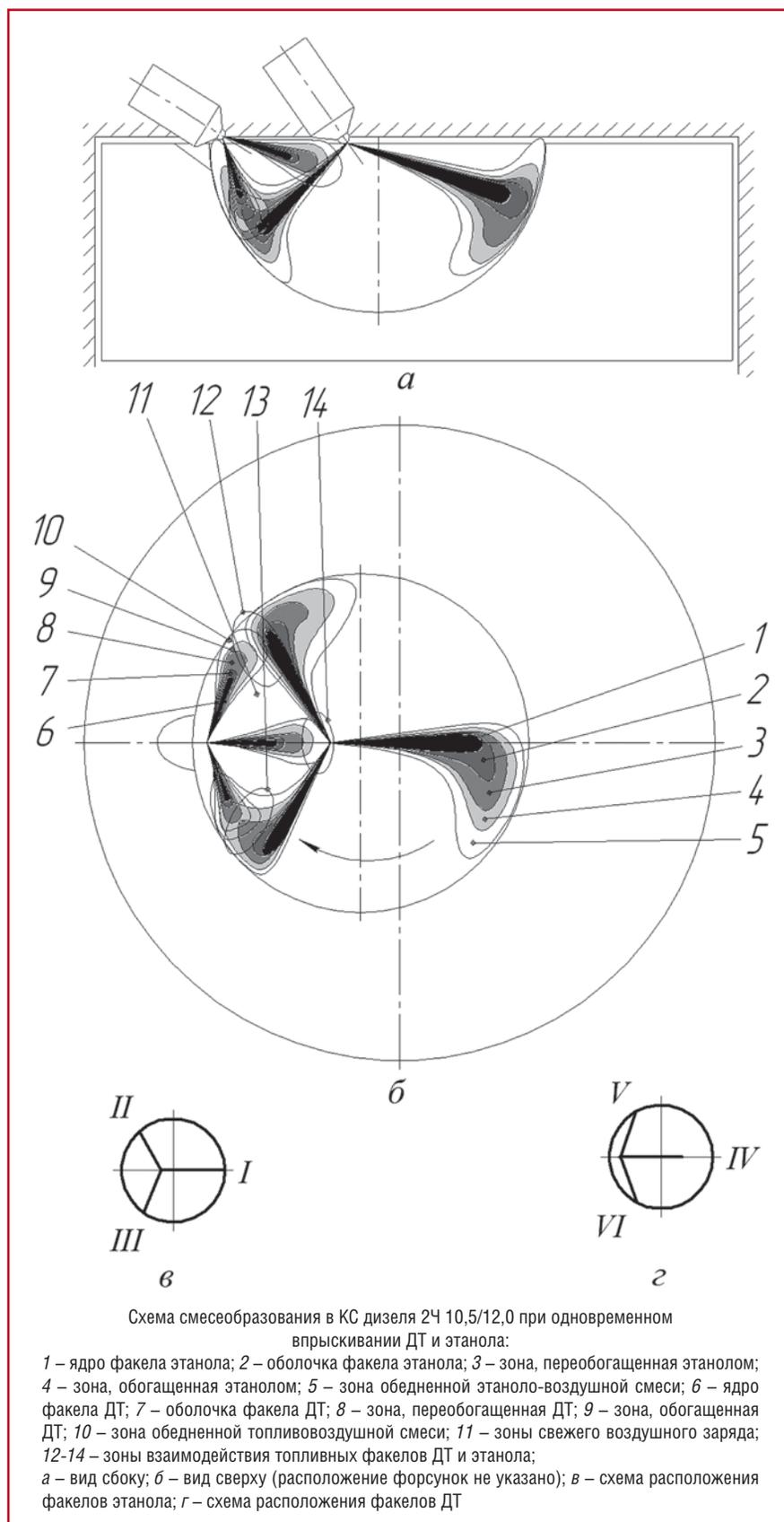
температуры капель. В частности, при вылете факела ДТ V из сопла форсунки образовавшееся ядро факела увлекается воздушным

вихрем. Его оболочка и внешние слои достигают факела этанола II. В зоне 12 происходит физическое взаимодействие факелов топлив. В свою очередь головная часть факела этанола II достигает стенки КС и оседает на ней. В связи с высокой теплотой парообразования происходит интенсивный теплообмен между этанолом и поверхностью КС. Далее этанол начинает интенсивно испаряться и распределяться по объему КС, увлекаемый воздушным вихрем.

В целом аналогичные процессы протекают и с факелами ДТ VI и этанола III. Отличие заключается в том, что наблюдается более глубокое взаимное проникновение факелов в связи с наличием воздушного вихря в КС, который переносит пары этанола навстречу факелу ДТ VI. У факела ДТ VI наблюдается более интенсивное торможение струи относительно других факелов ДТ из-за встречного движения воздушного вихря, что способствует более мелкому распыливанию ДТ и созданию оптимальных условий для самовоспламенения.

Зона взаимодействия 14 является более обширной по сравнению с зонами взаимодействия других факелов. В ней сосредоточена большая часть переобогащенной топливовоздушной смеси, в которой происходит молекулярная диффузия трех компонентов – ДТ, этанола и воздуха. Эта зона впоследствии будет являться самым мощным источником воспламенения топливовоздушной смеси в КС и затем будет распространяться по всему объему КС.

Особенностью распространения топливного факела ДТ I является то, что он, находясь в центре КС поршня, мало подвержен влиянию воздушного вихря, однако его



головная часть взаимодействует со всеми тремя факелами этанола. Сам факел ДТ I практически полностью испаряется с образованием обедненной концентрации ДТ в данной части КС. В этом случае можно предположить, что капли ДТ из данного факела будут увлекаться потоком впрыскиваемого этанола и распространяться по всей КС.

Увеличение температуры капель достигается при полном испарении головных частиц факела или столкновении последующих частиц с головными. Вместе с тем взаимодействие капель ДТ и этанола также сопровождается теплообменом, взаимным нагревом, дроблением на более мелкие капли и т.д. Капли топлива и сопровождающий их воздушный поток начинают тормозиться, увлекая за собой соседние воздушные слои и капли, что характеризуется интенсивным нагревом частиц топлива, в первую очередь ДТ, из-за высокого коэффициента теплообмена и градиента температур. По мере прогрева может наступить момент, когда тепловой поток ослабнет вследствие уменьшения перепада между температурами воздушного заряда T_0 и капли. После достижения температуры начала кипения наступает фракционная разгонка капель ДТ, и нагрев остальных компонентов может происходить до температуры T_0 . При проникновении частиц ДТ во фронтальную зону резко меняется характер теплообмена между частицами топлива и воздухом, причем, помимо подвода теплоты от свежего воздушного заряда, может возникнуть теплообмен при коагуляции частиц и диффузии.

Коагуляция частиц наблюдается в зоне взаимодействия факелов этанола III и ДТ VI из-за изменения режима движения, а именно – при

взаимном торможении головных капель факелов ДТ и этанола. В данной зоне также возможно локальное повышение температуры в результате указанного взаимодействия капель. Коагуляция может происходить в зоне взаимодействия факелов ДТ V и этанола II как результат большой концентрации топлив и возможного их оседания на поверхности КС.

Возможно испарение капель и без коагуляции, когда тепловой поток достаточно велик и имеются условия для мгновенного испарения головной капли при торможении в воздушном заряде без слияния ее с другой каплей. В данном случае возможен тепловой микровзрыв капель и их распад на большое количество более мелких частиц, разлетающихся в различные стороны во фронтальной зоне. В свою очередь каждая микрочастица, отлетая с большой скоростью, испаряется намного быстрее за счет увеличения поверхности раздела фаз. На интенсификацию испарения влияет и турбулентное движение воздушного заряда. При этом ускоряется диффузия паров жидкого топлива и воздушного вихря за счет гомогенизации в условиях увеличенной локальной турбулизации.

Также можно отметить, что в КС находятся зоны с различной

концентрацией ДТ и этанола, и это приводит к постоянной диффузии частиц в другие зоны. Следует учитывать, что пары топлива диффундируют с определенной конечной скоростью.

При анализе процессов смесеобразования и испарения топлив в КС дизеля следует учитывать, что этанол, имея существенно более низкую температуру кипения, чем ДТ, в большинстве своем испаряется и распределяется по объему КС. Из-за достаточно высокой теплоты парообразования происходит существенное охлаждение воздушного заряда на 110...120 °С [4], что намного превышает значения для работы по дизельному циклу. В свою очередь чрезмерное охлаждение заряда затрудняет испарение ДТ и, как следствие, его самовоспламенение.

С учетом этих особенностей можно предположить, что в КС дизеля имеются условия для протекания предпламенных реакций и самовоспламенения ДТ, а также последующего воспламенения этанола. Однако чрезмерное уменьшение запальной порции ДТ может привести к так называемому срыву пламени, что обусловлено недостаточным количеством капель ДТ, которое является основным элементом воспламенения этаноловоздушной смеси.

Литература

1. **Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р., Полевщиков А.С., Долгих М.А., Верстаков С.А.** Улучшение экологических показателей дизеля 24 10,5/12,0 при работе на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4. – С. 62-64.
2. **Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р., Полевщиков А.С., Долгих М.А., Верстаков С.А.** Показатели процессов сгорания и тепловыделения в дизеле при работе на этаноле // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 2. – С. 15-16.
3. **Лиханов В.А., Полевщиков А.С.** Исследование рабочего процесса дизеля 24 10,5/12,0 при работе на этаноле с двойной системой топливоподачи: Монография. – Киров: Вятская ГСХА, 2011. – 146 с.
4. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.

Энергия вынужденных колебаний давления газового топлива в рампе форсунок двигателя с искровым зажиганием

В.А. Шишков, начальник технического отдела ООО «Рекар», к.т.н.

На основе энергетического баланса разработан алгоритм расчета колебаний давления газового топлива в рампе форсунок для электронной системы управления ДВС с искровым зажиганием. Даны рекомендации по расчету и выбору конструктивных размеров газовой рампы, по коррекции топливоподачи для каждой форсунки в зависимости от разности расходов из-за колебаний давления в рампе.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, газобаллонное оборудование, впрыск газового топлива, колебание давления, искровое зажигание, электронная система управления.

Точность дозирования цикловой подачи газового топлива зависит от изменения перепада давления на форсунке в период открытого состояния ее клапана. При работе двигателя в полости газовой рампы возникают пульсации давления с частотой открытия газовых форсунок [1, 2] и модулированной частотой большего порядка. При фазированной топливоподаче частота открытия форсунок определяется частотой вращения коленчатого вала двигателя. Колебания давления в рампе форсунок вынужденные. Для определения амплитуды пульсаций давления, влияющей на точность цикловой подачи газа, необходимо определить баланс энергий, поддерживающих данный вид колебаний. При корректировке газовой цикловой подачи для различной частоты вращения коленчатого вала важно знать максимальную среднюю интегральную амплитуду изменения давления газа в рампе форсунок с учетом расположения ее максимального и минимального значений по длине рампы. Расположение экстремумов амплитуды по длине рампы влияет на разность расходов газового топлива через форсунки для разных цилиндров двигателя, то есть на неравномерность топливоподачи к цилиндрам. Поцилиндровая неравномерность состава газозооной смеси увеличивает токсичные выбросы с отработавшими газами и ухудшает вибрационные характеристики двигателя.

Для коррекции цикловой газовой подачи в зависимости от пульсации давления газа в рампе необходим алгоритм для электронной системы управления двигателем.

Определим амплитуду пульсаций давления из следующих условий:

- порядок работы цилиндров ДВС (например, 1–3–4–2) определяет расположение экстремумов функции давления по длине рампы форсунок;
- подвод газа к рампе в ее центральной части определяет форсунку, к которой в первую очередь вернется волна давления от реакции газового редуктора на волну разрежения;
- амплитуда пульсаций давления пропорциональна изменению внутренней энергии газа в рампе, которая пропорциональна изменению энтальпии;
- линейный полупериод пульсаций давления в рампе равен пути прохождения цикловой порции газа до входа в форсунку;
- цикловой расход газа через форсунку изменяется по линейному закону $G_{\phi} = f(t_{\text{ц}})$, где $t_{\text{ц}}$ – время цикловой подачи газа, а мгновенный расход зависит от изменения перепада давления на клапане форсунки во время цикловой подачи газа;
- любой дополнительный присоединенный к газовой рампе объем эквивалентен соответствующему увеличению габаритов внутренней полости рампы, то есть увеличению ее диаметра и длины;
- скорость движения волны разряжения от открытой электромагнитной форсунки в направлении регулятора давления топлива или редуктора равна скорости движения газа в соответствующем элементе газовой системы.

Пульсация давления в рампе форсунок связана с периодом запаздывания наполнения рампы газом при его расходе через форсунки, то есть в начальный момент

$$dG_{\phi}/dt > dG_{\text{вх}}/dt,$$

где $G_{\text{вх}}$ – расход на входе в газовую рампу.

Это приводит к началу падения давления в газовой рампе. При увеличении перепада давления между полостью рампы и выходом из редуктора в рампу форсунок под его действием начинает поступать газ. Расход газа на входе в рампу возрастает. При этом расход втекающего газа становится равным расходу истекающего через форсунку газа

$$dG_{\phi}/dt = dG_{\text{вх}}/dt.$$

После закрытия клапана форсунки давление газа в рампе выравнивается с давлением газа за редуктором. Далее открывается следующая форсунка, и цикл повторяется. В случае одновременно открытых форсунок амплитуда пульсаций давления в рампе возрастает пропорционально продолжительности их одновременного открытия.

Определим амплитуду пульсаций давления в рампе газовых форсунок. Энергия колебаний газа в рампе E_p форсунок складывается из кинетической $E_{кп}$ и потенциальной $E_{пр}$ энергий

$$E_p = E_{кп} + E_{пр};$$

$$E_{кп} = m w^2/2;$$

$$E_{пр} = i_{гп} m,$$

где m – масса газа, участвующего в движении в рампе форсунок; w – скорость газа в рампе; $i_{гп}$ – энтальпия массы газа, участвующего в движении в рампе форсунок.

Во время цикловой подачи газа часть внутренней энергии преобразуется в кинетическую энергию истечения газа через сопло форсунки.

Рассмотрим два варианта подачи топлива.

Первый вариант. Продолжительность $t_{ц}$ цикловой подачи меньше или равна сумме периодов времени движения волны разрежения до выхода из редуктора, времени реакции редуктора и времени движения волны давления от выхода из редуктора до рампы форсунок. Энергия E_p для поддержания колебательно-го процесса топлива в рампе форсунок соизмерима с кинетической энергией $E_{кф}$ истечения топлива из сопла форсунки $E_p = E_{кф}$.

Средняя скорость истечения газа из сопла форсунки

$$w = (2g \Delta p/\rho)^{1/2},$$

где g – ускорение свободного падения; Δp – перепад давления газа на клапане газовой форсунки; ρ – плотность газа в рампе форсунок.

Массовая цикловая подача газа

$$q_{ц} = V_{ц} \rho = m,$$

где $V_{ц}$ – объемная цикловая подача газовой форсунки, зависящая от режима работы конкретного двигателя.

Подставим эти выражения в формулу кинетической энергии и после преобразования запишем в малых отклонениях во времени

$$dE_{кф}/dt = V_{ц} g dp/dt.$$

Суммарная кинетическая энергия истечения газа за время цикловой подачи

$$E_{\Sigma\phi} = \int_0^{t_{ц}} dE_{кф}/dt = V_{ц} g \int_0^{t_{ц}} dp/dt. \quad (1)$$

Вся кинетическая энергия истечения газа из сопла форсунки во время цикловой подачи расходуется на поддержание вынужденных колебаний давления газа в топливной рампе

$$E_{\Sigma\phi} = m (i_0 - i_{цп}), \quad (2)$$

где i_0 – энтальпия газа в рампе форсунок до начала цикловой подачи газа; $i_{цп}$ – энтальпия газа в рампе форсунок после завершения цикловой подачи газа.

Приравниваем выражения (1) и (2) и получаем выражение для максимального среднего интегрального значения снижения давления в рампе во время цикловой подачи газового топлива через одну из форсунок при фазированном впрыске топлива

$$V_{ц} g \int_0^{t_{ц}} dp/dt = m (i_0 - i_{цп}), \quad (3)$$

или

$$\int_0^{t_{ц}} dp/dt = (\rho_0 i_0 - \rho_{цп} i_{цп})/g, \quad (4)$$

где ρ_0 – плотность газа в рампе форсунок до начала цикловой подачи газа; $\rho_{цп}$ – плотность газа в рампе форсунок после завершения цикловой подачи газа.

Проанализируем выражение (4). Изменение давления в рампе зависит от количества топлива в цикловой подаче и внутреннего объема газовой рампы, определяемого в неявном виде по изменению плотности газа в рампе форсунок до и после завершения цикловой подачи, а также от скорости истечения газа через сопло форсунки (дозвуковое или звуковое). Зависимость скорости истечения выражается также неявным образом через изменение внутренней энергии (энтальпия) газа в рампе в период цикловой подачи топлива.

Уравнение (4) можно решить численным методом последовательных приближений. Зададимся в первом приближении малым значением изменения давления в рампе, например, $\Delta p = 0,1p_0$, и определим плотность и энтальпию газа по завершении цикловой подачи. По уравнению состояния идеального газа определим плотность $\rho_{иг}$ газа в рампе после выхода из нее цикловой порции топлива. Если $\rho_{иг} < \rho_{цп}$, то увеличиваем первоначально

заданное значение Δp во столько раз, во сколько отличаются плотности газа, то есть в $(\rho_{\text{цр}}/\rho_{\text{иг}})$ раз, и повторяем расчет. Вычисления завершаем при достижении требуемой точности: $\rho_{\text{цр}} - \rho_{\text{иг}} < \Delta p$. Если расчет повторить для разных цикловых подач топлива, то получим зависимость максимального снижения среднего давления в рампе форсунок от цикловой подачи топлива.

Для вычисления изменения давления в рампе форсунок в период цикловой подачи газового топлива применение формулы (4) в алгоритме управления в контроллере двигателя затруднено из-за большого объема вычислений. Целесообразно решать уравнение (4) для рабочей области параметров (давление, температура, цикловая подача газового топлива) и представить в виде табличных или функциональных зависимостей для программы контроллера управления двигателем. Например, разделим уравнение состояния идеального газа Менделеева–Клапейрона, составленное для газа в рампе после окончания цикловой подачи, на уравнение состояния газа до начала цикловой подачи топлива. В результате преобразований давление в рампе форсунок после завершения цикловой подачи определяется по следующей формуле:

$$p_2 = p_1(1 - q_{\text{ц}}/G_{\text{гп}})T_2/T_1, \quad (5)$$

где p_1 – давление газа в рампе до завершения цикловой подачи при отсутствии реакции газового редуктора на снижение давления; $G_{\text{гп}}$ – масса газа в рампе до начала цикловой подачи газа; T_1, T_2 – температура газа в рампе до и после завершения цикловой подачи при отсутствии реакции газового редуктора на провал давления.

Температуру T_2 определяем по изменению энтальпии газа в рампе, используя выражение (4), методом последовательных приближений. Тогда максимальное среднее интегральное снижение давления за время цикловой подачи газового топлива будет равно $\Delta p_{1-2} = p_1 - p_2$.

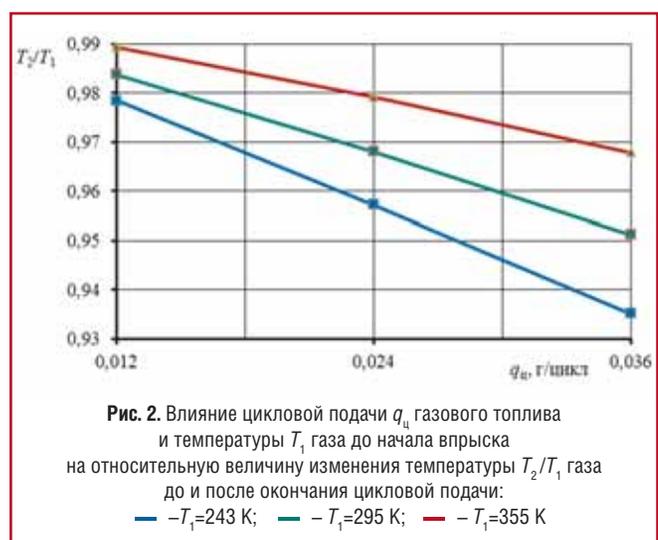
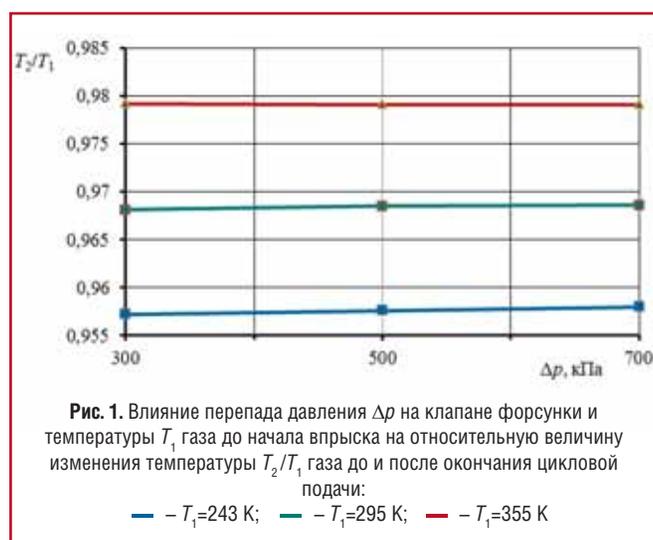
Для анализа влияния параметров на максимальную среднюю интегральную величину снижения давления Δp_{1-2} газа в рампе от начала и до конца цикловой подачи выполним расчеты при объемах рамп 50 и 100 см³ для чистого метана с рабочими температурами 243, 295, 355 К, критическими перепадами давления на клапане форсунки 300, 500, 700 кПа и цикловыми подачами газа 0,012; 0,024; 0,036 г/цикл. В расчете использовано выражение (4). При выбранных перепадах давления газа на клапане форсунки реализуется скорость звука, которую принимаем для метана равной 430 м/с.

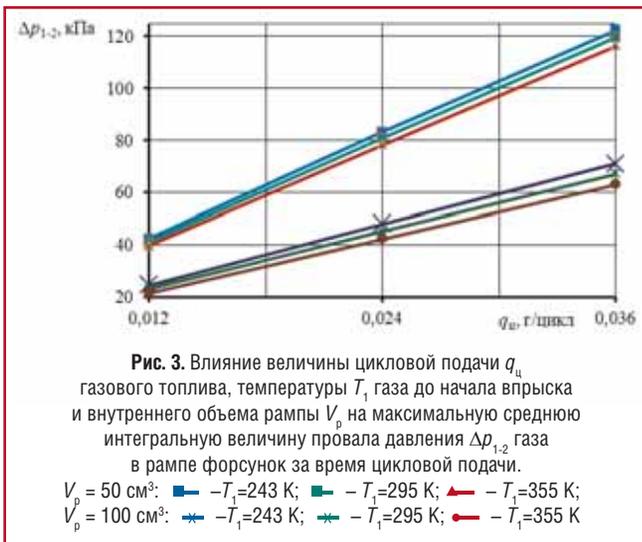
Перепад давления на клапане форсунки (рис. 1) не влияет на относительное изменение температуры газа в рампе во время цикловой подачи. Влияние температуры газа до начала цикловой подачи на ее относительное изменение составляет 2,1...4,25 % в диапазоне рабочих температур от –30 до 82 °С. При этом, чем ниже температура газа в рампе форсунок, тем больше ее относительное влияние.

Чем больше цикловая подача газа (рис. 2), тем большее влияние оказывает относительное изменение температуры газа.

Для снижения максимальной средней интегральной величины падения давления Δp_{1-2} (рис. 3) в рампе в период цикловой подачи газа необходимо увеличивать ее внутренний объем V_p и начальную температуру T_1 газа в рампе. Но увеличение начальной температуры газа в рампе приведет к снижению наполнения цилиндра топливоздушной смесью, а значит – к снижению мощности и крутящего момента двигателя.

Второй вариант. Продолжительность цикловой подачи больше суммы периодов времени движения волны разрежения до выхода из редуктора, времени реакции редуктора и времени движения волны давления от выхода из редуктора до рампы форсунок, то есть





продолжительность восстановления давления в рампе меньше продолжительности цикловой подачи $t_b < t_c$. Снижение максимального среднего интегрального давления Δp_{1-2p} в рампе форсунок уменьшится пропорционально отношению периода восстановления давления в рампе перед форсунками к продолжительности цикловой подачи газа

$$\Delta p_{1-2p} = \Delta p_{1-2} (t_b / t_c) k_b,$$

где k_b – интегральный коэффициент пропорциональности формы кривой снижения давления во время цикловой подачи (в первом приближении $k_b = 2/3$).

Если объем цикловой подачи газового топлива превышает объем газовой рампы или равен ему, то длину волны в рампе форсунок определяем из следующих условий:

- минимум давления находится в точке рампы напротив входа в газовую форсунку, через которую в данный момент осуществляется цикловая подача топлива;
- половина длины волны равна пройденному в рампе форсунок пути цикловой порции газового топлива.

Таким образом, максимальная амплитуда точки при вынужденных колебаниях будет равна пути движения газа от входа в рампу до входа в наиболее удаленную форсунку. Цикловая масса газа изменяется в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и расхода воздуха через двигатель (нагрузка). По массе газа, соответствующей внутренней полости рампы форсунок и объему, занимаемому цикловой массой газа, определяем максимальную амплитуду движения точки при вынужденных колебаниях.

Амплитуду пульсаций давления рассчитываем в направлении, противоположном движению газа, то есть от форсунки в сторону баллона. По частоте вынужденных колебаний определяем время и длину волны колебаний давления в рампе газовых форсунок. При движении волны в сторону баллона на каждом гидравлическом сопротивлении

определяем потери давления, которые будут снижать максимум амплитуды вынужденных колебаний и увеличивать время реакции редуктора для компенсации снижения давления. Получим максимумы амплитуды колебаний давления только в некоторых точках по длине газового топливного трубопровода. При изменении режима работы эти максимумы будут перемещаться по длине топливной трубы.

Если изменяются геометрические параметры внутренних элементов газового оборудования, а именно диаметр, то изменяется и длина волны давления в этих элементах, то есть длина волны в рампе форсунок не будет равна длине волны в трубопроводе от газового редуктора до рампы и от баллона до редуктора.

Любое увеличение гидравлического сопротивления топливных трубопроводов между газовым баллоном и рампой форсунок может не только уменьшить, но и увеличить амплитуду пульсации давления перед форсунками. Это связано с тем, что возмущение вынужденных колебаний возникает при срабатывании клапана газовой форсунки, и волна распространяется в сторону баллона. Она будет гаситься местными сопротивлениями, что приведет к запаздыванию реакции редуктора на падение выходного давления.

Возникают два противоположных фактора, влияющих на амплитуду пульсаций давления перед газовыми форсунками. Например, при уменьшении объема газовой рампы и трубопроводов между редуктором и рампой первый фактор – это уменьшение времени для ответной реакции редуктора на снижение давления за ним, второй – увеличение пути прохождения цикловой порцией топлива в рампе, а значит и амплитуды колебания точки. С увеличением объема газовой рампы или трубопроводов между редуктором и рампой уменьшается путь цикловой порции газа при открытии форсунки, что в свою очередь уменьшает максимальную амплитуду движения точки, а значит и максимальную амплитуду пульсаций давления газа перед форсункой.

На рис. 4 на примере газовой системы подачи показано воздействие элементов в период цикловой подачи топлива. В зависимости от времени цикловой подачи и перепада давления Δp газа на клапане форсунки выдает объемный цикловой расход V_c , в результате чего происходит снижение давления газа в рампе форсунок на величину dp_{1-2} . Далее волна разрежения dp_{pp} движется от рампы форсунок в сторону выхода из редуктора. При перепаде давления, достаточного для страгивания клапана редуктора, последний приоткрывается и увеличивает объемный расход газа через редуктор V_{rp} . Это вызывает волну разряжения на



Рис. 4. Схема воздействий элементов газовой системы:

1 – объемная цикловая подача газа $V_{ц}$; 2 – снижение давления газа в рампе форсунок во время цикловой подачи газа $dp_{1,2}$; 3 – перепад давления на клапане газовой форсунки Δp ; 4 – волна разрежения в направлении от рампы к редуктору $dp_{p,r}$ во время цикловой подачи газа; 5 – увеличение объемного расхода газа через редуктор $V_{r,p}$ в период цикловой подачи газа; 6 – волна разрежения от входа в редуктор до выхода газа из баллона $dp_{p,b}$ в период цикловой подачи газа; 7 – увеличение объемного расхода газа из баллона $V_{6,p}$ на входе в редуктор в период цикловой подачи газа

входе в редуктор $dp_{p,r}$, которая движется по направлению к баллону, приводя к увеличению объемного расхода газа $V_{6,p}$ из баллона.

Для газовых топлив редуктор расположен в моторном отсеке. Поэтому расстояние от клапана форсунки до клапана редуктора можно принять, например, 1 м. Скорость звука в метане составляет примерно 430 м/с. Тогда время движения волны разрежения от открытого клапана газовой форсунки до клапана редуктора составит $1/430=0,002325$ с или 2,325 мс. Время наполнения трубопровода за клапаном редуктора равно продолжительности открытого состояния клапана форсунки, например, 4...12 мс. Необходимо отметить, что начало наполнения при изменении давления на выходе редуктора зависит от чувствительности и момента страгивания клапана редуктора. Период движения обратной волны давления от клапана редуктора до клапана газовой форсунки также составляет 2,325 мс. Суммируя эти значения, получаем, что через 8,65...16,65 мс давление и масса газа в рампе восстановятся до рабочих значений перед открытием следующей форсунки в соответствии с порядком работы цилиндров.

Для дозвукового истечения газа из клапана газовой форсунки, например, со скоростью 225 м/с, время движения волны разрежения до клапана редуктора и обратной волны давления в сумме составит 8,8 мс. Время заполнения трубопроводов и газовой рампы через клапан редуктора также равно времени открытого состояния клапана форсунки, то есть 4...12 мс. Суммируя эти временные интервалы, получаем время восстановления давления в газовой рампе форсунок, которое составляет 12,8...20,8 мс.

Чем выше давление и температура газового топлива, тем ниже скорость звука. Это приводит к дополнительно увеличению длительности восстановления давления в газовой рампе форсунок.

При частотах вращения коленчатого вала более 3000 мин^{-1} продолжительность заполнения рампы газом для восстановления в ней давления для последующего

рабочего впрыска становится недостаточной. При этом в рампе форсунок наблюдается снижение рабочего давления, если редуктор не имеет расчетной производительности по расходу газового топлива, или возникают пульсации давления, что приводит к различию расходов через форсунки при постоянном режиме работы двигателя. В этом случае требуется коррекция цикловой подачи газового топлива $V_{цp}$ по давлению в газовой рампе для каждой форсунки [3]

$$V_{цp} = V_{ц \text{ расч}} K_n,$$

где $K_n = f(n, G_v, T_{гр})$ – коэффициент коррекции газовой подачи форсунки для n -го цилиндра в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, расхода воздуха через двигатель и температуры газа в рампе форсунок.

Измерение давления газа в рампе, последующее вычисление коэффициента коррекции цикловой подачи приводят к тому, что его значение влияет на последующую цикловую подачу, а не на ту, при которой производилось измерение. Коэффициенты K_n для каждой форсунки определяют на безмоторном стенде при задании частоты срабатываний (имитация частоты вращения коленчатого вала) и ширины импульса впрыска (имитация изменения расхода воздуха через двигатель), а также при соответствующих измерениях расхода газа через форсунки.

Литература

1. Капустин А.А., Пенкин А.Л. Система питания двигателя внутреннего сгорания природным газом // АГЗК+АТ. – 2011. – № 1 (55). – С. 16-19.
2. Ляченков Н.В., Шишков В.А., Яблинский Б.И. Влияние топливной системы с впрыском во впускную трубу на экологические характеристики ДВС // АГЗК+АТ. – 2007. – № 3 (33). – С. 74-78.
3. Шишков В.А. Колебания давления в рампе газовых форсунок двигателей с искровым зажиганием // Международный научно-технический форум, посвященный 100-летию ОАО «КУЗНЕЦОВ» и 70-летию СГАУ, 5-7 сентября 2012 г.: сб. тр. Материалы круглых столов форума. Т. 1. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012. – С. 47-48.



«Автокомплекс–2012»: нацеленность на перспективу

М.А. Цуладзе, генеральный директор ООО «АЗС-ЭКСПО»

Ставшая традиционной 19-я Московская международная выставка «Автокомплекс–2012» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг) успешно прошла в октябре 2012 г. в Экспоцентре. Выставку организовало ООО «АЗС-ЭКСПО» при поддержке правительства Москвы и содействии ЗАО «Экспоцентр».

Самые современные оборудование и услуги представили 120 фирм из 13 стран. Более 6400 специалистов, инвесторов, владельцев АЗС, гаражей, паркингов, СТО и других объектов автосервиса имели возможность непосредственного общения с самыми именитыми производителями оборудования, технологий и услуг.

Число продаваемых автомобилей в России и других странах неуклонно растет. Соответственно растет и рынок послепродажных услуг, строятся новые дороги, развивается придорожный сервис. Огромный потенциал расширения сферы послепродажных услуг для автовладельцев на всем постсоветском пространстве – это хороший стимул для производителей соответствующего оборудования и технологий.

Крупнейшие российские и иностранные производители автозаправочного оборудования представили новейшие разработки, среди них: СП «Татсуно Рус» (г. Рязань), ОАО «Промприбор» (г. Ливны), ООО «Топазсервис» (г. Волгодонск), ООО НПК «Шельф» (г. Шахты), Gilbarco Veeder-Root, Corken, Liquid Controls Group (США), Scheidt & Bachmann GmbH, FAS Flussiggas-Anlagen GmbH (Германия), Beijing Sanki Petroleum (Китай), Franklin Fueling Systems (Великобритания), Славутич (Украина), Wayne-AG Energy Business (Швеция), OPW (Чехия), EUROPUMP International (Италия) и др. Оборудование и технологии для нефтебаз и газовых терминалов на самом высоком уровне

продемонстрировали ООО «Деловой Союз 2000» (Московская обл.), ЗАО «Аргоси» (г. Москва), ООО «Камышинский опытный завод» (Волгоградская обл.).

Нашла на выставке отражение и тема использования газа в качестве моторного топлива. Ее представили известные в этой области компании: FAS Flussiggas-Anlagen GmbH, ООО «Митекс» (г. Санкт-Петербург), ООО НПО «Ротор» (г. Люберцы), ООО «Техно Проект» (г. Псков), «Аннекс ЛПГ» (г. Красногорск), ООО «Еврогалс» (г. Саратов), ООО «Астин Групп» и «Газпарт-95» (г. Москва). Современное метрологическое оборудование показали НТФ «Новинтех» (г. Королев), ООО «Контур-М» (г. Казань), ООО НПП «Сенсор» (г. Заречный), ЗАО «Альбатрос» (г. Москва), ООО НПФ «Спецтехнологии» (г. Мытищи).

Самые совершенные системы безналичных расчетов и управления фирменными сетями и отдельными АЗС, АГЗС, СТО, парковками и другими объектами автосервиса были представлены на стендах фирм НКТ, «АйТи Смарт системы», Expertek, ЗАО «ТПК» (г. Москва), ООО «Автоматика плюс» (г. Пенза), ООО «АЗС-ДОЗА сервис» (г. Череповец), ООО «РКС» (г. Новосибирск).

В павильоне и на открытых площадках демонстрировались лучшие образцы техники для транспортировки и хранения нефтепродуктов и газа. Свою продукцию показали ТД «Спецтехника ГрАЗ» (г. Нижний Новгород), Nordic Tank (Финляндия), ООО «ТД «Алексеевка ХИММАШ» (г. Воронеж), Компания «Русбизнесавто», ООО «СпецАвтоЛэнд», GT7 (г. Москва).



Полный комплекс работ по проектированию, строительству и техническому оснащению АЗС и АГНС показали компания «Проект «Автоматические МИНИ-АЗС» (г. Екатеринбург), ЗАО «Метролог» (г. Самара), РУП ПО «Белоруснефть» (г. Минск), ООО «СервисТЭК» (г. Москва), «Стройремкомплекс АЗС» (г. Москва).

Оборудование для АЗС от лучших производителей Европы, США, Японии предлагали московские фирмы ТД «Все для АЗС», ООО «СервисТЭК», ООО «АтриС», ООО «ЛПГрупп», а также фирмы из Санкт-Петербурга ООО «Нева-сервис» и ЗАО «Мелстон Инжиниринг». Мобильные АЗС представило ЗАО «Пензаспецавтомаш», а плавучие заправочные станции – ЗАО «Метал Сервис» (г. Новосибирск) и компания «Техфлот» (г. Севастополь).

стоит эта проблема в Москве. Правительство столицы реализует масштабную программу дорожного строительства и развития инфраструктуры. В экспозиции выставки был представлен стенд оператора парковочного пространства столицы ГУП «Дирекция строительства и эксплуатации объектов гаражного назначения», на котором специалисты и инвесторы знакомы с программой строительства парковок и ближайшими перспективами развития их инфраструктуры.

Современные оборудование и технологии для развития парковочной и гаражной инфраструктуры предлагали фирма Scheidt & Bachmann GmbH (Германия), московские компании ООО «Разработка информационных систем», «ШТРИХ-М», «КомплексПаркинг», ООО «Трансакта», ООО «ПаркСити»,

всяческое содействие в организации ваших экспозиций.

Информационную поддержку выставке оказали наши официальные медиа-партнеры: европейский интернет портал PetrolPlaza, более 15 ведущих отраслевых изданий, среди которых журналы «Современная АЗС», «Нефтегазовая вертикаль», «Нефть России», «Топливный рынок», «Транспорт на альтернативном топливе», «АвтоОпыт», «АГЗК+АТ» и другие.

Действенную помощь в подготовке выставки оказали Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы, ЗАО «Экспоцентр», Российский топливный союз, ГУП г. Москвы «Дирекция строительства и эксплуатации объектов гаражного назначения».

Следующая 20-я юбилейная Московская международная выставка «Атокомплекс-2013» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг) состоится 23-25 октября в павильоне № 7 (залы 3-6) и на открытых площадках ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне.

Самым наглядным подтверждением доверия экспонентов к выставке является их желание участвовать в следующей выставке. Заявки на участие в ней уже подали ООО НПК «Шельф», ООО ТД «Спецтехника ГрАЗ», ООО «Топаз-сервис», ООО «ЛПГрупп», Gilbarco Veeder-Root, ООО НПП «Сенсор» и др.

Выставка «Атокомплекс-2013» – это уникальная возможность для продвижения оборудования, технологий и услуг.

Приветствуем

Ваше участие в 20-й юбилейной Московской международной выставке «Атокомплекс-2013»!

По всем вопросам просим обращаться:

E-mail: acs-expo@mtu-net.ru

Тел./факс (495) 380-21-37

Более подробная информация:

<http://www.autocomplex.net>



В области проектирования и строительства многофункциональных зон дорожного сервиса, АЗС и автомоек работает ООО ГК АЦИС, в области автотехсервиса – Ассоциация НАПТО, ООО «ИНЖТЕХсервис».

Многokратное увеличение числа автомобилей в России и СНГ за последние годы создало серьезные проблемы в организации движения в крупных городах. Развитие дорожно-транспортной инфраструктуры требует кардинальных решений в самые короткие сроки. Особенно остро

а также ООО «АСК-Т» из Люберецкого р-на Московской обл. и др.

Интересным и содержательным получился круглый стол по теме «Оптимальные пути развития паркингов и гаражей в крупных городах», который прошел в рамках мероприятия. Это тематическое направление выставки будет приоритетным и в последующие годы. Приглашаем все заинтересованные фирмы, предприятия, муниципальные и правительственные структуры к сотрудничеству. Дирекция выставки готова оказать

Abstracts of articles

C. 8

The use of the ship's steam power plants with gaseous fuels and modeling of their theoretical cycle

Viktor Yanchenko, Vladimir Rubis

Considered are the issues of application of steam power installations on vessels-gas carriers. The experience of modelling cycle steam turbine installations. When this was applied the method of approximation of reference data for water and steam. To cycle model used a simulation system MvS, supporting the formalism of a hybrid machine. Shows the test example of the model cycle steam turbine installations.

Keywords: gas carrier, a steam-turbine unit, the thermodynamic cycle, mathematical simulation, hybrid automation.

C. 11

Recondensation LNG Vapor IN River Transport

Vladimir Karagusov

The use of high-resource and non-performing thermoacoustic coolers for LNG vapor recondensation on ships of river fleet allows the ship to take on board a number of LNG required to pass the desired route in regions with poor infrastructure.

Keywords: natural gas, vapor recondensation, thermoacoustic system, transport.

C. 14

Adaptive Electromechanical Transmission

Igor Alexandrov

An automatic control system providing the adaptive properties of the energy power installation of the transport with electromechanical transmission is considered.

Keywords: adaptive transmission, hybrid power installation, work optimization of the internal-combustion engine.

C. 18

Development of Hybrid Vehicle Fleet

Vjacheslav Rakov

The article analyzes the development of the fleet of hybrid cars USA, Europe, Japan, South Korea, China, Russia and the entire world fleet as a whole since the beginning of their production. The results of the study typing fleet of hybrid cars by type of power plant.

Keywords: hybrid car, sales statistics, fleet, dynamics of development.

C. 24

Influence of Electric Vehicle Charging on Power Systems and its Integration into Smart Grid of Future

Denis Tsypulev

The article is devoted to various aspects of the mass using of electric vehicles in the modern metropolis and its power system. The advantages of transition to electric transport in terms of environmental, energy efficiency, lower life cycle cost of transport and balancing influence on the energy system of the metropolis are considered. Major drawbacks of electric vehicles are specified. The prospects and possible constraints of the growth factor of electric vehicles are measured.

Keywords: electric vehicles, hybrids, graph of grid load, charging stations, the infrastructure for charging electric vehicles, grid companies.

C. 32

Industrial loading and unloading of liquefied gases is a reasonable approach

Andrey Barabanov

The problem of safety maintenance at the stations using liquefied gases, chemicals and petrochemicals is observed in this article. Prospects of development of the automated systems of safety of processes of transfer liquefied gases and chemically active liquids are observed.

The description of the equipment and processes is given at operations of unloading and loading of liquefied hydro-

carbon gases. Features and the basic advantages of use of modern systems of safety of loading-unloading operations.

Keywords: rubber-cloth hoses, explosive mixture, loading-unloading equipment, control system and automations, normative and technical baseline.

C. 46

Projects of OJSC «Gazprom Gazenergoset» implemented of the Gasification's Program of the Russian Federation's regions

Anatoly Kim

According to the Program of gasification of regions of the Russian Federation, OJSC «Gazprom Gazenergoset» has the status of the customer and in the following of the operator of the objects of the Autonomous gasification by liquefied petroleum gas (LPG), liquefied natural gas (LNG) and compressed natural gas (CNG). In addition, in the framework of the Program of gasification of regions of the Russian Federation, the company started realization of projects of development of the network of automobile gas-filling compressor stations (AGFCS) for refueling of transport of the CNG.

Keywords: autonomous gasification, compressed natural gas (CNG), liquefied natural gas (LNG), liquefied petroleum gas (LPG).

C. 49

Organization of Transport-Storage and Refuelling Operations with Mixed Motor Fuels on the Basis of Rapeseed Oil

Vsevolod Kovalenko, Elena Ulyukina

The article considers the peculiarities of transport-storage and refuelling operations with mixed fuel on basis of rapeseed oil. Proposed technical solution for the treatment of rapeseed oil, its heating till the required temperature and mixing with diesel fuel in the specified proportions.

Keywords: biofuel, mixed fuel, rapeseed oil.

C. 55

Research on Biofuels Ignition Delay

**Vallejo Maldonado P.R., Sergey Gusakov,
Sergey Devyanin, Vladimir Markov,
Eugeny Ponomarev**

An installation that allows to conduct experimental research on ignition delay period for various fuels in a diesel engine has been designed. Kinetic ignition coefficients for petroleum diesel fuel and various kinds of biofuel are estimated experimentally.

Keywords: diesel engine, ignition delay diesel fuel, bio-fuel mixture, emulsion, rapeseed oil, ethanol.

C. 62

Features of the Development of Fuel Torches in Cylinder of Diesel Engine when Running on Ethanol

Vitaly Likhanov, Alexander Polevshchikov

The article contains the results of research conducted on the engine D-120 (2410,5/12,0) when running on ethanol, using a double system of fuel injection. The article deals with the processes of injection fuel (diesel and ethanol), mixing and combustion of fuels in the cylinder of a diesel engine at steady state. Studied the possibility of expanding the theoretical base fuel available modern diesel engines through the use of ethanol. Shows the effect of ethanol on the mixture formation and combustion.

Keywords: diesel, ethanol, a double system of fuel injection, injection and mixture formation, combustion.

C. 66

Energy of the Compelled Fluctuations of Pressure of Gas Fuel in Rail Injection at Work of the Engine with Spark Ignition

Vladimir Shishkov

On the basis of power balance the algorithm of account of fluctuations of pressure of gas fuel in rail injector for an electronic control system engines with spark ignition is developed. On the basis of researches carried out the author, gives the recommendations for account and choice of the constructive sizes gas rail. The recommendations for of correction of fuel for everyone injector are given depending on size of a difference of the charges on them because of fluctuation of pressure in rail.

Keywords: the engine of internal combustion, gas the equipment, direct injection of gas fuel, fluctuation of pressure, spark ignition, electronic control system.

Авторы статей в журнале № 1 (31) 2013 г.

Александров Игорь Константинович,
д.т.н., профессор, зав. кафедрой ГОУ
ВПО Вологодский государственный
технический университет, Вологда,
3 Интернационала, д. 5-80,
м.т. 8 921 714-91-40,
e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Барabanов Андрей Александрович,
заместитель директора производства
«Наливные рукава»
ОАО «Промприбор»,
Россия, 303858, Орловская обл.,
г. Ливны, ул. Мира, 40,
т. (48677) 3-15-07, м.т. 8 910 300-61-09,
e-mail: a.barabanov@prompribor.ru

Вальехо Мальдонадо П.Р.,
к.т.н., доцент кафедры
«Автомобильные и
тракторные двигатели»
Московского государственного
машиностроительного университета
(МАМИ), г. Москва,
м.т. 8 909 638-22-68

Гусаков Сергей Валентинович,
зав. кафедрой Российского
университета дружбы народов
(РУДН), профессор, д.т.н.,
м.т. 8 903 562-62-22,
р.т. (495) 952-67-87

Девянин Сергей Николаевич,
д.т.н., зав. кафедрой «Тракторы
и автомобили» Московского
государственного агроинженерного
университета им. В.П. Горячкина
(МГАУ им. В.П. Горячкина),
м.т. 8 917 51-96-394

Карагузов Владимир Иванович,
д.т.н., профессор Омского
Государственного технического
университета, e-mail: karvi@mail.ru,
тел. 8-913-971-3715

Ким Анатолий Афанасьевич,
начальник управления отраслевых
программ ОАО «Газпром
газэнергосеть»,

Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная,
дом 125, поч. инд.: 117647,
тел.: (495) 777-77-97 (доб. 1208),
email: a.kim@gazpromlpg.ru

Коваленко Всеволод Павлович,
д.т.н., профессор кафедры
Автомобильный транспорт
ФГБОУ ВПО Московский
государственный
агроинженерный университет
им. В.П. Горячкина,
р.т. (499) 976-38-37, доб. 271

Лиханов Виталий Анатольевич,
д.т.н., академик РАТ, профессор,
заведующий кафедрой
ДВС ФГОУ ВПО «Вятская
государственная
сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский
проспект, 133,
р.т. 8 (8332) 57-43-07

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

Полевщиков Александр Сергеевич,
инженер кафедры ДВС ФГОУ
ВПО «Вятская государственная
сельскохозяйственная академия»,
610017, г. Киров, Октябрьский
проспект, 133,
м.т. 8 (906) 829-59-60,
р.т. 8 (8332) 67-54-90,
e-mail: eapas@mail.ru

Пономарев Евгений Григорьевич,
к.т.н., доцент, директор
промышленно-производственного
предприятия «Агродизель»
(ППП «Агродизель»),
тел. 8 916 160-29-65

Раков Вячеслав Александрович,
к.т.н., доцент ГОУ ВПО Вологодский

государственный технический
университет, Дальняя 186-16,
инд. 160024,
м.т. 8 911 502-15-86,
e-mail: rakov_slava@mail.ru

Рубис Владимир Юрьевич,
студент Брянского
государственного технического
университета,
тел.: 8 952 965-81-06,
e-mail: soske_aizen@vmail.ru

Улюкина Елена Анатольевна,
к.х.н, доцент, заведующая
кафедрой химии
Московского государственного
агроинженерного университета
им. В.П. Горячкина,
р.т. (499) 976 38 37, доб. 234

Цуладзе Михаил Александрович,
генеральный директор
ООО «АЗС-ЭКСПО»,
тел./факс: (495) 380-21-37,
(499) 256-05-44,
e-mail: acsexpro@mail.ru

Цыпулев Денис Юрьевич,
к.т.н., руководитель
проекта по электротранспорту,
заместитель руководителя
дирекции по ИТ, инновациям и
операционной эффективности,
г. Москва, ОАО «Московская
Объединенная Электросетевая
Компания»,
т.: 984-57-04 (офис),
8 916 214-02-41 (моб),
e-mail: TsypulevDY@moesk.ru

Шишков Владимир Александрович,
к.т.н., начальник технического отдела
ООО «Рекар»,
тел. (8482) 35-29-07,
8 927 784-71-57,
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Янченко Виктор Степанович,
к.т.н., доцент Брянской
государственной инженерно-
технологической академии,
тел.: 8 906 502-79-58,
e-mail: vsy50@mail.ru

Contributors to journal issue No. 1 (31) 2013**Alexandrov Igor,**

PhD. Tekhn. Sciences, professor of Technical University (Vologda),
phone: + 7 921 714-91-40,
e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Barabanov Andrey,

The deputy director of manufacture «Loading arms» JSC «Prompribor»,
phone: + 7 (48677) 3-15-07,
+7 910 300-61-09 (cell),
e-mail: a.barabanov@prompribor.ru

Devyanin Sergey,

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

Gusakov Sergey,

Head of Department of Peoples' Friendship University of Russia (PFUR), professor,
Ph.D., m.t. 8 903 562-62-22

Karagusov Vladimir,

professor of Omsk State Technical University, PhD, Engng.,
e-mail: karvi@mail.ru,
phone: +7 913 971-3715

Kim Anatoliy,

Head of the Industry Programs Division JSC «Gazprom gazenergoset»,
Russian Federation, Moscow, st. Profsoyznaya, b. 125, 117647,
phone: + 7 (495) 777-77-97 (ext. 1208),
e-mail: a.kim@gazpromlpg.ru

Kovalencko Vsevolod,

D. Sc. (Eng.), professor department of the Moscow State University for Agriculture and Engineering n.a. V.P. Goryachkin,
phone: + 7 (499) 976-38-37, ext. 271

Likhanov Vitaly,

head of the chair of Vyatka State Agricultural Academy, Dr. Sci. Tech.,
phone: +7 (8332) 57-43-07

Markov Vladimir,

PhD, Engng, professor of «Heat Physics» department of the Bauman Moscow State Technical University,
phone: + 7 917 584-49-54

Polevshchikov Alexander,

engineer of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: +7 (906) 829-59-60,
office phone: + 7 (8332) 67-54-90,
e-mail: eapas@mail.ru

Ponomaryev Eugeny,

candidate of technical science, associate professor, Director of industrial-and-production enterprise «Agrodizel»,
phone: +7 916 160-29-65

Rakov Vyatcheslav,

Ph.D., Associate Professor, Vologda State Technical University,
phone: +7 911 502-15-86,
e-mail: rakov_slava@mail.ru

Rubis Vladimir,

Student, Bryansk State Technical University,

phone: +7 952 965-81-06,
e-mail: soske_aizen@vmail.ru

Shishkov Vladimir,

candidate of technical science, of department of Limited Liability Company «Recar»,
phone: +7(8482) 35-29-07,
+7-9277-847157,
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Tsuladze Mikhail,

General Director of ACS-EXPO, Ltd,
t/f: + 7 (495) 380-21-37, (499) 256-05-44,
e-mail: acsexpo@mail.ru

Tsyplev Denis,

Ph.D., head of EV Project of JSC «Moscow United electric Grid Company»,
phone: + 7 984-57-04 (office),
+ 7 916 214-02-41 (cell),
e-mail: TsyplevDY@moesk.ru

Ulyukina Elena,

candidate of science, head of department of the Moscow State University for Agriculture and Engineering n.a. V.P. Goryachkin,
phone: + 7 (499) 976 38 37, extension 234

Vallejo Maldonado P.R.,

candidate of technical science, associate professor of the Moscow state technical university (MAMI),
phone: + 7 909 638-22-68

Yanchenko Viktor,

PhD, Associate Professor, Bryansk State Technological Academy of Engineering.
Phone: +7 906 502-79-58,
e-mail: vsy50@mail.ru

Вниманию подписчиков и читателей!

Редакция журнала «Транспорт на альтернативном топливе» предлагает журналы за 2008-2010 гг. по следующим ценам:

- один журнал – 200 руб.;
- подписка за год – 1000 руб.;
- подписка за 2 года – 1700 руб.

Заявки принимаются по тел.: **(495) 321-62-81**

или по e-mail: **transport.2@ngvrus.ru**



Перечень статей, опубликованных в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» в 2012 г.

№ 1 (25)

1. На газомоторном рынке ждут «ё-мобиль»
2. Панорама автопробега
3. 1-й день. Екатеринбург
4. 2-й день. Челябинск
5. 3–4-й дни. Уфа
6. **Кутлиахметов А.Н.** Пристальное внимание к экологическим проблемам
7. **Бакиев Т.А.** «Газпром трансгаз Уфа»: опыт использования газа на автотранспорте
8. **Бирюков А.Н.** Использование природного газа санитарным автотранспортом
9. 5-й день. Оренбург
10. **Сошников О.Б.** Опыт использования газа в качестве газомоторного топлива в ООО «Газпром добыча Оренбург»
11. **Синегубов С.В.** Использование КПП в Самарской области
12. 8-й день. Саратов
13. 9–10-й дни. Волгоград
14. **Бакулин А.А.** Автобусы компании «Волгабас» с двигателями, работающими на природном газе
15. 11-й день. Воронеж
16. **Денисенко А.В., Мякинин В.А.** АвтоМетанГруп: строительство АГНКС в Воронежской области
17. 12–13-й дни. Тамбов
18. 14-й день. Тула
19. 15-й день. Москва
20. **Аксютин О.Е.** Актуальные задачи по замене муниципального автотранспорта автомобилями на газомоторном топливе и расширению сети газовых заправок
21. **Коклин И.М., Потапенко Е.С., Малёнкина И.Ф., Штепа М.В.** Ставропольский опыт автопробегов: исследования эффективности использования ГБО
22. **Батыршин Р.Р., Гатиятов А.А.** Автотехника ОАО «КАМАЗ» на природном газе

23. **Чирков С.А.** Опыт ООО «Газпром трансгаз Томск» в реконструкции и строительстве АГНКС
24. **Строганов В.И., Крылов Е.Н.** Совершенствование нормативно-правовой базы РФ в области производства и использования газомоторного топлива
25. **Лукшо В.А., Строганов В.И.** Сертификация ГБА и нормативная база по переводу автотранспорта на ГМТ
26. **Лапушкин Н.А.** Анализ научно-технической документации с целью повышения качества газомоторного топлива
27. **Ким А.А., Коротков М.В., Воробьёв Д.Ю.** ГМТ: законодательная база и нормативно-техническая документация
28. Основные международные мероприятия по использованию природного газа в качестве моторного топлива, проводимые в 2012 г.
29. Мировой парк ГБА и АГНКС (декабрь 2011 г.)
30. **Нгуен Минь Тиен, Ременцов А.Н.** Методика контроля технического состояния электронных систем управления двигателем по экологическим показателям
31. **Попова А.Б., Разносчиков В.В.** Оптимизация параметров программы управления твердотопливного ракетно-прямоточного двигателя
32. **Шишков В.А.** Особенности доводки ДВС с искровым зажиганием на газовом топливе по токсичности отработавших газов
33. **Певнев Н.Г., Гурдин В.И., Банкет М.В.** Повышение эффективности эксплуатации ГБА в зимнее время
34. «Автокомплекс – 2011» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг)
35. Авторы статей в журнале № 1 (25) 2012 г.

№ 2 (26)

1. Пять лет на службе у отрасли
2. **Пронин Е.Н.** Газомоторная неделя в Праге
3. Развитие альтернативных видов топлива и энергии на Украине
4. **Гусаков С.В.** Алгоритм получения закономерностей сгорания альтернативных топлив путем обработки индикаторных диаграмм поршневых ДВС
5. **Лиханов В.А., Девятьяров Р.Р., Полевщиков А.С., Долгих М.А., Верстаков С.А.** Показатели процессов сгорания и тепловыделения в дизеле при работе на этаноле
6. **Загородских Б.П., Володин В.В., Бебенин Е.В.** Стендовые испытания системы эжекционной подачи газообразного топлива в дизелях
7. **Александров И.К.** Грузовой железнодорожный поезд модульного типа
8. В 2011 году «Волгабас» на четверть увеличил выпуск автобусов
9. **Гнедова Л.А., Гриценко К.А., Лапушкин Н.А., Перетряхина В.Б., Федотов И.В.** Проблема унификации терминов и определений в области производства и использования газомоторного топлива
10. **Пронин Е.Н., Порожняков С.А.** Газ на транспорте – один из ста шагов вперед
11. **Цуладзе М.А.** Электромобили сегодня уже реальность!
12. **Скрипко Л.А.** Электробус на городском маршруте
13. **Шарипов А.З., Гусаков С.В., Каменев В.Ф.** Снижение вредных выбросов городского автомобиля с бензиновым двигателем
14. **Чмыхалова С.В.** Ресурсно-экологическая оценка автомобильного транспорта на горнодобывающих предприятиях
15. **Карагузов В.И., Ланьков Н.И., Маянков И.В.** Магнитокалорический

кондиционер на природном газе для речных судов

16. **Пронин Е.Н.** Перспективы СПГ на транспорте

17. **Горбачев С.П., Медведков И.С.** Влияние высококипящих компонентов при производстве СПГ на ГРС

18. **Фомин В.М., Шевченко Д.В.** Водородная энергетика и современный транспорт

19. **Кавтарадзе Р.З.** Рабочие процессы водородного дизеля и улучшение его экологических показателей

20. **Гатиятов А.А., Ожегов Д.Л.** Новосибирская область закупила грузовики, работающие на метане

21. Газовые КАМАЗы. Итоги года

22. Крупная отгрузка метановых тягачей КАМАЗ на Украину

23. Гость из Армении

24. **Девянин С.Н., Чумаков В.Л., Марков В.А.** Биогаз – альтернативное топливо для дизелей

25. **Савельев Г.С., Дегтярев Д.В.** Технично-экономические показатели газодизельных и газоискровых двигателей, работающих на КПГ

26. Международная газовая выставка Gas Show 2012 в Варшаве

27. Авторы статей в журнале № 2 (26) 2012 г.

№ 3 (27)

1. **Солнцев А.А.** Пять лет в строю автотранспортной отрасли

2. Новости отрасли

3. **Пронин Е.Н.** Московские газовые автобусы в Латвии

4. Польша: автобусы на СПГ

5. **Порожняков С.А., Пронин Е.Н.** Развитие газомоторного рынка США

6. **Пронин Е.Н.** Газомоторный рынок Украины

7. **Порожняков С.А.** Армия США переходит на альтернативное топливо

8. **Недлин М.С., Вольнов Ю.Н., Гордеева Р.П.** Баллоны с СУГ: откуда исходит опасность?

9. **Хренков Н.В.** Перевод муниципального автотранспорта на ГМТ в Белгородской области

10. **Скворцова М.А., Тихомиров С.А.** Оценка эффективности различ-

ных систем подачи газа автомобильных двигателей

11. **Барабанов А.А.** Безопасность технологических процессов на объектах, использующих СУГ

12. **Блянкинштейн И.М., Воеводин Е.С., Худяков Д.А.** Система оперативного управления расходом топлива на предприятиях автомобильного транспорта

13. **Цаплин А.И., Бочкарев С.В., Друзьякин И.Г.** Управление устройством подачи криогенного топлива в энергоустановку

14. **Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н.** Расчет поражающих факторов при авариях на подземных хранилищах СПГ

15. **Зайцев В.П., Маврицкий В.И.** Оценка затрат на создание аэродромного газового топливозаправочного комплекса

16. **Бащенко Н.С., Пуртов П.А., Аджиев А.Ю., Ковалев И.Е., Маврицкий В.И., Зайцев В.П.** Возможности производства нового авиационного топлива АСКТ

17. **Пелевин Ф.В., Лозовецкий В.В., Мартиросян А.А., Черкина В.М., Статкевич И.В.** Моделирование смесеобразования в компланарных газожидкостных форсунках тепловых двигателей

18. **Черняк С.В.** Система комбинированной топливоподачи для дизельного двигателя

19. **Александров И.К.** Гибридное транспортное средство с накопителем энергии двух типов

20. **Янченко В.С.** Моделирование энергетической системы мобильной техники с топливными элементами

21. **Гуров М.Н., Московкин В.В.** Формула топливного баланса автомобиля

22. **Григорьев С.А., Астановский Д.Л.** Бифункциональные низкотемпературные электрохимические генераторы для водородного транспорта

23. **Скрипко Л.А.** Выбор параметров гибридного электромобиля

24. **Марков В.А., Девянин С.Н., Шумовский В.А., Тарантин С.А.** Работа дизелей на водотопливных эмульсиях

25. **Азаров В.К., Кутенев В.Ф., Теренченко А.С., Ягупов С.В.** Биотоплива и другие энергоносители для колесных транспортных средств

26. **Лиханов В.А., Чупраков А.И., Зонов А.В., Шаромов И.М.** Влияние этанола на процесс сгорания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5

27. Авторы статей в журнале № 3 (27) 2012 г.

№ 4 (28)

1. **Кавтарадзе Р.З.** С первым юбилеем!

2. Развитие газомоторного рынка в России

3. Газобаллонные автомобили

4. ЗАО «Промэнергомаш»: участие в развитии газомоторного рынка России

5. **Пронин Е.Н.** Итоги 25-го Мирового газового конгресса

6. **Марков В.А., Фурман В.В., Иванов В.А., Черезов И.А.** Системы электронного управления топливоподачей газовых и газодизельных двигателей

7. Теория управления двигателем с искровым зажиганием при работе на газовом топливе

8. **Пронин Е.Н.** Золотой век метана на транспорте неизбежен

9. **Гнедова Л.А., Гриценко К.А., Лапушкин Н.А., Люгай С.В., Перетрахина В.Б., Федотов И.В.** Экологические классы автотранспортных средств и моторных топлив

10. **Фомин В.М., Рами Атраш.** Разработка бинарных топлив для энергетических установок транспортных средств

11. **Кошеляев Е.М., Овсянников Е.М., Клюкин П.Н.** Электроводородный комплекс на базе ветряного двигателя

12. **Демченко В.Г.** Использование альтернативных топлив для генерации тепловой и электрической энергии на действующем оборудовании

13. **Коцарь Ю.А., Плужников С.В., Головащенко Г.А.** Перспективный источник биотоплива – редька масличная

14. **Удут В.Н.** ГЕЛИЙМАШ – технологический прорыв

15. **Ерохов В.И.** Проектирование и расчет электромагнитных форсунок двигателей с принудительным воспламенением

16. **Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н., Яковлев А.В., Грищенко Ю.И.** Методика расчета технико-экономической эффективности подземных хранилищ СПГ

17. **Александров И.К.** Оценка фрикционных потерь в трансмиссии грузовых автомобилей

18. **Пронин Е.Н.** Говорят автопроизводители

19. **Семищев С.П., Глухов В.П.** Передвижные средства снабжения КПП

20. **Лиханов В.А., Лопатин О.П.** Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этаноло-топливной эмульсии

21. Первый форум по электро-транспорту в России

22. GasSUF 2012

23. Авторы статей в журнале № 4 (28) 2012 г.

№ 5 (29)

1. **Бриллиантов О.Ю.** С юбилеем, друзья!

2. Новости из регионов

3. **Муллакаев Э.З., Уразаев А.Х.** Факторы, влияющие на физическое состояние водителей

4. **Шарапова И.К.** Использование альтернативных источников энергии на предприятиях автомобильного транспорта

5. Нижегородская область: перевод муниципального транспорта на газ

6. **Зайцев В.П., Яновский Л.С.** Авиационное сконденсированное топливо и его преимущества

7. **Григорович Д.Н., Заручейский А.В.** Сравнение газодизельного и газового режимов работы тепловозных дизелей

8. Иннопром-2012

9. Выставка GasSUF-2012 завершила свою работу!

10. Основы эффективной перекачки газов

11. **Малёнкина И.Ф., Дельгади-льо А.Р.** Боливия: развитие рынка газового моторного топлива

12. **Александров И.К.** Модернизированный тяговый расчет транспортных средств

13. **Московкин В.В., Гуров М.Н., Шкель А.С.** Абсолютная шкала тепловых потерь двигателя

14. **Овчинников В.А.** Методы математического моделирования при проектировании автомобиля на стадии НИР

15. **Александров И.К.** Оценка фрикционных потерь в трансмиссии грузовых автомобилей (окончание)

16. **Фомин В.М., Рами Атраш.** Улучшение показателей работы дизеля на бинарном биоуглеводородном топливе

17. **Жеваго Н.К., Коробцев С.В., Чабак А.Ф.** Мобильное хранение топливных газов в стеклянных капиллярах

18. **Коноплев В.Н.** Безопасность водородной энергетики применительно к автотранспортному процессу на газомоторных топливах

19. **Филькин Н.М., Умняшкин В.А., Музафаров Р.С., Мазец В.К.** Легковой автомобиль с комбинированной энергосиловой установкой

20. **Маркиев М.И., Гайдук А.Ю.** Электромобиль «Рапан»

21. Вклад в экологическое будущее

22. Энергоэффективный автомобильный транспорт будущего

23. Авторы статей в журнале № 5 (29) 2012 г.

№ 6 (30)

1. **Пронин Е.Н.** Поздравление

2. Ускорение развития газомоторного рынка в России

3. **Марков В.А., Девянин С.Н., Крылов В.И., Багров В.В.** Перспективы использования биотоплив в дизельных двигателях

4. **Кугаевский А.А., Шипков Р.Ю.** «Виртуальная труба» как способ снижения затрат на газификацию

5. **Кириллов Н.Г., Лазарев А.Н.** Методологические основы расчета стоимости строительства заглубленных хранилищ СПГ

6. **Пронин Е.Н.** США: развитие рынка автотетана

7. **Порожняков С.А.** Германия: Водород для автомобилей

8. **Люгай С.В., Евстифеев А.А.** Анализ систем автоматизации нефтегазового комплекса, применимых для автомобильных газонаполнительных станций

9. **Почукаев М.И., Молчанинов В.И., Панов Ю.В., Назаров А.А.** Влияние температуры баллонов на расход КПП по остаточному давлению

10. **Семищев С.П., Килин П.Г.** Передвижной автогазозаправщик ПАГЗ 4300-24,5

11. **Чижишев Е.М., Анисимов И.А.** Влияние низких температур воздуха на энергетические и экологические параметры газобаллонных автомобилей

12. **Пронин Е.Н.** Итоги автопробега «Голубой коридор – 2012»

13. **Ивлев С.Н., Мирзоев Г.К.** Электромобили ОАО «АВТОВАЗ»

14. **Кецарис А.А., Духанин В.И.** Линейный генератор с двигателем внутреннего сгорания со свободным поршнем

15. **Фомин А.П.** Управление мощностью в системе дополнительной энергетики большегрузного автопоезда

16. **Лукшо В.А.** Математическая модель термодинамического цикла газового двигателя

17. **Александров И.К.** Использование поездов модульного типа на основе современных электро-возов

18. **Григорьев С.А., Бессарабов Д.Г.** Твердополимерный электролиз с деполяризацией анода для производства водорода

19. **Прохоров П.В.** Российский рынок сжиженных углеводородов

20. Время обновления и инноваций

21. Авторы статей в журнале № 6 (30) 2012 г.

Подписка – 2013

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 115304, Москва, ул. Луганская, д. 11.
Тел.: 321-50-44, 321-6281, e-mail: transport.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru • www.ngvrus.ru

Уважаемые читатели!
Продолжается подписка на 2013 г.

Подписчики	Годовая, 6 номеров	I полугодие, 3 номера
Россия	3630 руб. (включая 10 % НДС)	1815 руб. (включая 10 % НДС)
Страны СНГ	3630 руб. (включая 10 % НДС)	1815 руб. (включая 10 % НДС)
Страны дальнего зарубежья	190 евро / 250 долл.	120 евро / 170 долл.

Отдельные экземпляры журнала (550 руб. + 10% НДС = 605 руб.) можно приобрести в редакции.

Электронная версия журнала (формат PDF, 6 номеров):

- для РФ и стран СНГ – 1700 руб., включая НДС 18 %.
- для стран дальнего зарубежья – 100 евро / 140 долл. США.

Подписку на 2013 г. 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)	20 тыс. + 18 % НДС	850	625
½ страницы (125×176 мм)	12 тыс. + 18 % НДС	500	350
¼ страницы (70×176 мм)	7 тыс. + 18 % НДС	290	200
Презентация (1 стр.)	10 тыс. + 18 % НДС	300	170
Юбилейный раздел (1 стр.)	1,5 тыс. + 18 % НДС	–	–
На обложке			
1-я страница (150×210 мм)	20 тыс. + 18 % НДС	850	625
2-я или 3-я страницы (290×210 мм)	25 тыс. + 18 % НДС	1350	1000
4-я страница (290×210 мм)	30 тыс. + 18 % НДС	1450	1100

Технические требования к рекламным модулям:

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

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

