



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 4 (28) 2012

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



HTec

ООО НПП

“Высокие технологии для Газпрома”

Передвижные автогазозаправщики ПАГЗ, блоки аккумуляторов газа,
мобильные комплексы заправки газом.



РЕКЛАМА

Расчет электромагнитных форсунок

В фокусе – газомоторный рынок России

Итоги 25-го Международного газового конгресса



**Международный научно-технический журнал
«Транспорт на альтернативном топливе»
№ 4 (28) / 2012 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 10.07.2012 г.
Подписано в печать 25.07.2012 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 ООО НПП
«Высокие технологии для Газпрома»**

В НОМЕРЕ:

Р.З. Кавтарадзе С первым юбилеем!	3
Развитие газомоторного рынка в России.....	4
Газобаллонные автомобили.....	7
ЗАО «Промэнергомаш»: участие в развитии газомоторного рынка России.....	8
Е.Н. Пронин Итоги 25-го Мирового газового конгресса	10
В.А. Марков, В.В. Фурман, В.А. Иванов, И.А. Черезов Системы электронного управления топливopодачей газовых и газодизельных двигателей	14
Теория управления двигателем с искровым зажиганием при работе на газовом топливе	19
Е.Н. Пронин Золотой век метана на транспорте неизбежен	20
Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко, Н.А. Лапушкин, С.В. Люгай, В.Б. Перетряхина, И.В. Федотов Экологические классы автотранспортных средств и моторных топлив.....	22
В.М. Фомин, Рами Атраш Разработка бинарных топлив для энергетических установок транспортных средств	28
Е.М. Кошеляев, Е.М. Овсянников, П.Н. Клюкин Электроводородный комплекс на базе ветряного двигателя.....	31
В.Г. Демченко Использование альтернативных топлив для генерации тепловой и электрической энергии на действующем оборудовании	35
Ю.А. Коцарь, С.В. Плужников, Г.А. Головащенко Перспективный источник биотоплива – редька масличная	38
В.Н. Удуд ГЕЛИЙМАШ – технологический прорыв	40
В.И. Ерохов Проектирование и расчет электромагнитных форсунок двигателей с принудительным воспламенением.....	42
Н.Г. Кириллов, А.Н. Лазарев, А.В. Яковлев, Ю.И. Гриценко Методика расчета технико-экономической эффективности подземных хранилищ СПГ	51
И.К. Александров Оценка фрикционных потерь в трансмиссии грузовых автомобилей.....	57
Е.Н. Пронин Говорят автопроизводители.....	62
С.П. Семенищев, В.П. Глухов Передвижные средства снабжения КПГ.....	66
В.А. Лиханов, О.П. Лопатин Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4С 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии.....	70
Первый форум по электротранспорту в России.....	74
GasSUF 2012.....	76
Авторы статей в журнале № 4 (28) 2012 г.....	78

'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 4 (28) 2012

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 10.07.2012

Endorsed to be printed on 25.07.2012

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

E.N. Pronin NGV Results at the 25th World Gas Conference	10
V.A. Markov, V.V. Furman, V.A. Ivanov, I.A. Cherezov Electronic systems of fuel supply control in gas and diesel-gas engines	14
E.N. Pronin The Golden Age of methane transport is inevitable	20
L.A. Gnedova, K.A. Gritsenko, N.A. Lapushkin, S.V. Lyugay, V.B. Peretryakhina, I.V. Fedotov Ecological classes of vehicles and motor fuels	22
V.M. Fomin, Rami Atrash Working out binary fuels for power installations of vehicles.....	28
E.M. Koshelyaev, E.M. Ovsyannikov, P.N. Klyukin Electrohydrogen complex on the basis of the wind engine	31
V.G. Demchenko Use of alternative kinds of fuel for production of thermal and electric energy on-site	35
Yu.A. Kotsar, S.V. Pluzhnikov, G.A. Golovashchenko Promising source of biofuel – radish oil	38
V.N. Udut Geliymash technological breakthrough	40
V.I. Erokhov Designing and calculation of electromagnetic atomizers of engines with compulsory ignition	42
N.G. Kirillov, A.N. Lazarev, A.V. Yakovlev, Y.I. Grishchenko Design procedure of technical and economic efficiency of creation and operation of boiler installations on the basis of application of underground LNG storehouses.....	51
I.K. Alexandrov Evaluation of frictional losses in the transmission of trucks.....	57
E.N. Pronin Vehicle manufacturers speak out	62
S.P. Semenishchev, V.P. Glukhov Mobile money supply compressed natural gas users.....	66
V.A. Lihanov, O.P. Lopatin lowering of the content of nitrogen oxide in the completed diesel engine gases 4Ч 11,0/12,5 by applying ethanol fuel emulsions	70
Contributors to journal issue No. 4 (28) 2012.....	79



С первым юбилеем!

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

Современный технический прогресс сопровождается неуклонным ростом потребности энергии, использование которой подразумевает ее преобразование в подходящую для эффективного применения форму, а также постепенным ухудшением экологической обстановки на земном шаре. Запасы минеральных топлив ограничены, а их основные потребители – тепловые двигатели – пока еще далеки от экологического совершенства. Поэтому перед современной цивилизацией стоят две, тесно связанные между собой, глобальные проблемы – энергетическая и экологическая.

Довольно большое число ученых, научно-технических работников, управленцев и других профессионалов, призванных внести свой вклад в решение указанных проблем, объединились за последние 5 лет вокруг журнала «Транспорт на альтернативном топливе». Первый юбилей позволяет подвести некоторые итоги и наметить планы на будущее. Главное, что сегодня с уверенностью можно сказать, – «ТАТ», как научно-технический журнал, состоялся. В наш век бурного развития информационных технологий 5 лет, конечно, очень мало, чтобы занять свое место среди огромного количества научно-технических периодических изданий. Журналу это удалось сделать, благодаря актуальности выбранной изданием тематики и интенсивной работе редколлегии с авторами при полной поддержке учредителя и издателя – Национальной газомоторной ассоциации.



Основные особенности, отличающие «ТАТ» от других изданий подобного типа и тем самым делающие его привлекательным для специалистов, на мой взгляд, следующие:

1. Научные публикации журнала, с одной стороны, охватывают широкий спектр проблем по данной тематике (процессы в двигателях на альтернативном топливе, расчетно-теоретические и экспериментальные методы исследования, новые схемы и конструкции, теплофизические свойства перспективных топлив и т.п.), с другой стороны, все эти, казалось бы, совершенно далекие друг от друга вопросы направлены на повышение эффективности и экологичности транспортных средств.

2. Журнал обладает высоким уровнем информативности – следит за развитием мирового газомоторного рынка, обсуждает перспективы применения и внедрения новых альтернативных топлив на транспорте, отзывается на мероприятия, проводимые в отрасли.

3. Ушли времена, когда слово Россия ассоциировалось с коммунизмом, балетом или хоккеем. Сегодня первый российский бренд – это природный газ, но Россия отнюдь не первая в мире страна по использованию газа в качестве моторного топлива на транспорте. Журнал «ТАТ», в рамках своих возможностей, активно публикует и пропагандирует работы, направленные на устранение такого несоответствия.

Все вышеназванное делает журнал «Транспорт на альтернативном топливе» популярным среди специалистов, и он заслуженно входит в перечень ВАК, что немаловажно, особенно для молодых специалистов – авторов журнала. Важнейшим фактором популярности журнала является оперативность его издания, в чем, безусловно, большая заслуга редакции, издателей и технических работников.

Считаю, что журнал тонко чувствует пульс современной газомоторной и экологической проблематики и в целом стоит на правильном пути. Тем не менее мне, как члену редколлегии журнала и одному из читателей и авторов, хочется пожелать журналу, прежде всего, дальнейшего повышения научного авторитета. Опыт зарубежных и российских научных изданий, обладающих высокими импакт-факторами, показывает, что этого можно достичь актуальностью выбранной тематики (это у журнала, безусловно, есть!), глубиной и четкостью изложения конкретных научных задач и их решений. Существенную роль может сыграть также увеличение числа аналитических и обзорных публикаций по отдельным конкретным вопросам.

В заключение хотелось бы поздравить с 5-летним юбилеем журнала исполнительного директора Национальной газомоторной ассоциации Е.Н. Пронина, главного редактора П.Г. Цыбульского, заместителя главного редактора Н.Е. Игнатьеву, бывшего заместителя главного редактора О.Ю. Бриллиантова, редакцию, редколлегию, технических работников и авторов – всех, кто принимает участие в подготовке и выпуске журнала «Транспорт на альтернативном топливе». Желаю вам, коллеги, крепкого здоровья и больших творческих успехов.

Развитие газомоторного рынка в России



А.Миллер

В центральном офисе ОАО «Газпром» 5 июля председатель правления А. Миллер провел межотраслевое совещание по стимулированию развития использования газомоторного топлива. В мероприятии приняли участие представители руководства профильных министерств РФ, ведущих нефтяных компаний, в частности, ОАО НК «Роснефть» и ОАО «ЛУКОЙЛ», крупных заводов-производителей автомобильной техники ОАО «КАМАЗ», УК «Группа ГАЗ», концерна «Тракторные заводы», ООО «ё-АВТО», а также ОАО «РЖД», исполнительной власти субъектов РФ, подразделений и дочерних организаций Газпрома.

Участники совещания рассмотрели все основные аспекты, касающиеся развития рынка газомоторного топлива в России. В частности, речь шла о развитии производства газовых автомобильных двигателей и серийной автотехники, работающей на природном газе, о роли нефтяных компаний в расширении сети газовых заправок, а также о значении газификации автотранспорта для российских регионов.

На совещании было особо отмечено, что использование природного газа в качестве моторного топлива имеет огромное значение для всего общества. В этой связи важнейшим преимуществом газомоторного топлива перед любыми другими видами автомобильных топлив является его экологичность. Перевод автомобилей с бензина на газ позволяет в среднем в 5 раз снизить выбросы вредных веществ. Это особенно важно для больших городов, где львиная доля загрязнений воздуха приходится на автомобильный транспорт.

Очень важными являются и экономические преимущества использования газомоторного топлива. Его стоимость для потребителей в России нормативно ограничена. Так, средняя общероссийская цена 1 м³ газомоторного топлива (что примерно сопоставимо с 1 л традиционного топлива) сегодня составляет около 9 руб. Масштабный перевод автомобильной техники на газомоторное топливо приведет к сокращению стоимости автоперевозок за счет разницы в цене на газомоторное топливо и бензин, что повлечет за собой снижение издержек во всех отраслях экономики и социальной сфере, обеспечит рост промышленного производства и жизненного уровня населения.

Поэтому Газпром поставил перед собой задачу значительно расширить газомоторный бизнес в России и создать на его основе масштабный рынок сбыта природного газа компании. В настоящее время в компании рассматриваются новые подходы, которые могут применяться в этом виде бизнеса. Идет подготовительная работа к разработке бизнес-схемы, которая позволит компании существенно повысить сбыт газомоторного топлива.

Выступая на совещании, Алексей Миллер сказал:

«На энергетической карте мира Россия является страной номер один по запасам газа, но по уровню использования газомоторного топлива она, к сожалению, находится лишь на 20-м месте. У Газпрома уже есть опыт работы с газомоторным топливом в России на базе дочерних предприятий, но ключевой задачей сегодня является построение системы развития рынка газомоторного топлива в масштабах



Участники совещания

всей страны, объединив усилия всех заинтересованных сторон. Считаем, что для этого есть все предпосылки.

Развитие использования газомоторного топлива в России станет частью Программы газификации регионов, в рамках которой у Газпрома отлажено взаимодействие практически со всеми субъектами РФ. Мы предлагаем уже с 2013 г. принимать с ними Программы развития газификации и газоснабжения с обязательным разделом по газомоторному топливу. Таким образом, уже с начала следующего года мы могли бы перейти на качественно иной уровень работы по развитию рынка газомоторного топлива России. В первую очередь, ее необходимо вести в регионах, где есть города-миллионники».

Обсуждая меры организационного и финансового стимулирования использования газомоторного топлива, участники совещания особо отметили, что сегодня как никогда назрела необходимость развития соответствующей законодательной базы и государственного регулирования процесса перевода автотранспорта на газ, а также обеспечения синхронизации строительства газозаправочной сети с развитием рынка реализации нефтепродуктов.

По итогам совещания профильным подразделениям Газпрома дано поручение в кратчайшие сроки подготовить типовой раздел Про-

граммы развития газификации и газоснабжения регионов РФ, касающийся развития рынка газомоторного топлива. Также было дано поручение о проведении аналогичного межотраслевого совещания осенью текущего года, где будут рассмотрены вопросы развития газомоторного рынка в регионах России.

Перед совещанием участники посетили выставку газобаллонных автомобилей на территории ОАО «Газпром». На выставке было представлено 17 ед. техники: автобусы «ЛИАЗ» и «MAN», самосвал «КАМАЗ», легковые автомобили «Фольксваген Caddy EcoFuel», «Мерседес Е 200», «Ё-концепт», «Ё-кроссовер» и другие, а также оборудова-

Управление информации ОАО «Газпром»



На выставке газомоторной техники

СПРАВКА

Использование природного газа в качестве моторного топлива активно развивается в мире и в настоящее время осуществляется более чем в 80 странах. Среднегодовой рост парка автомобильной техники на природном газе составляет 26 %. Ведущие мировые автопроизводители выпускают более 80 моделей газовых автомобилей. Российский парк автомобилей, работающих на природном газе, оценивается примерно в 86 тыс. (численность мирового парка составляет около 15 млн).

Сегодня в 58 регионах РФ действуют 242 АГНКС, 207 из них находятся в собственности ОАО «Газпром». Кроме того, в Калининградской обл. в настоящее время ведется строительство еще одной АГНКС компании.

В 2011 г. через российские АГНКС было реализовано 361,6 млн м³ КПГ, что на 16,6 млн м³ больше, чем в 2010 г, но составляет лишь 18 % от проектной производительности российских АГНКС.

Наиболее развитыми региональными рынками по итогам 2011 г. являются Ставропольский и Краснодарский края, Свердловская, Челябинская, Ростовская и Тульская обл., Республика Башкортостан – на них пришлось 52,1 % от общего объема реализации КПГ в России.

Газпромом подписаны договоры о сотрудничестве в сфере использования природного газа в качестве моторного топлива с Калужской, Орловской и Пензенской обл. Региональные законодательные акты, направленные на развитие локальных рынков КПГ, приняты в Москве, Ставропольском крае, Свердловской, Тамбовской, Калужской и Саратовской обл., а также в Республике Татарстан.

В настоящее время ведется продвижение газозаправочных мощностей в регионы Восточной Сибири и Дальнего Востока. АГНКС уже построены в Братске. Идет проектирование метановой заправочной станции в Петропавловске-Камчатском. В перспективе намечено строительство АГНКС в Хабаровске, Благовещенске, Владивостоке, Южно-Сахалинске.

Главной особенностью «ё-мобиля» является наличие гибридной силовой установки (двигатель внутреннего сгорания и генератор). При этом ДВС может работать как на бензине, так и на природном газе. Газпрому данный автомобиль интересен с точки зрения развития рынка газомоторного топлива, а также использования газа для производства композитных материалов, применяющихся при создании этого автомобиля.



По итогам совещания и обмена мнениями на выставке газовых автомобилей можно сделать следующие выводы об общих стратегических направлениях развития рынка компримированного природного газа в Российской Федерации в предстоящие годы:

- Газпром намерен с 2013 г. включать раздел по развитию газозаправочной инфраструктуры в ежегодные программы газификации регионов РФ;
- Газпром рассмотрит вопрос о создании компании-оператора газозаправочной сети;
- Газпром готов сотрудничать со всеми заинтересованными ведомствами и организациями, включая создание условий для малого газозаправочного бизнеса;
- автопроизводители продолжают работу по расширению модельного ряда газовых автомобилей различного назначения и развитию сервисной инфраструктуры;
- муниципалитеты готовы закупать экологически и экономически более привлекательные газовые автобусы при наличии государственной поддержки для повышения до уровня самых современных требований комфорта пассажиров;
- нефтяные компании начнут работу по интеграции метана в АЗС.

Прогнозировать наступление бума автомобильного метана в России в предстоящие 3-5 лет можно хотя бы только потому, что такого количества поручений из Кремля и Белого дома в области газовых видов моторного топлива, которое поступило за прошедшие 18 мес., раньше никогда не было.

- Март 2011 г.: Председатель Правительства России Владимир Путин поручил подготовить предложения по формированию достаточной сети АГНКС и сервисных организаций по обслуживанию газовых двигателей в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (Протокол от 19.03.2011 г. № ВП-П9-16пр.).
- Апрель 2011 г.: Председатель Правительства России Владимир Путин поручил проработать вопрос расширения практики использования газомоторного топлива при эксплуатации автобусов (Протокол от 06.04.2011 г. № ВП-П9-17пр.).
- Июнь 2011 г.: Президент России Дмитрий Медведев поручил разработать программу государственного стимулирования поэтапной замены муниципального автотранспорта электромобилями и гибридными автомобилями отечественного производства, в том числе работающими на газомоторном топливе, и расширения сети заправок автомобильного транспорта газомоторным топливом (Поручение от 27.06.2011 г. № Пр-1923).
- Ноябрь 2011 г.: заместитель Председателя Правительства России Игорь Сечин поручил подготовить и провести эксперимент по широкомасштабному использованию природного и сжиженного газа в качестве моторного топлива в Ставропольском крае (Поручение от 28.11.2011 г. № 01/02-3066).
- Март 2012 г.: Председатель Правительства России Владимир Путин поручил продолжить работу по увеличению объемов использования газа в качестве моторного топлива (Поручение от 23.03.2012 г. № ВП-П9-7пр.).
- Апрель 2012 г.: Председатель Правительства России Владимир Путин предложил выделить субсидии регионам Российской Федерации в размере 3,5 млрд руб. на закупку газовых автобусов.

В ОАО «Газпром» тоже активно работают по газомоторной теме: в октябре 2011 г. по итогам автопробега газовых машин «Урал – Центр» проведено межотраслевое совещание по газификации муниципального транспорта. С начала 2012 г. проведено уже два внутренних и одно межотраслевое совещания по газомоторной тематике. Осенью этого года тему планируется рассмотреть на межрегиональном совещании. Газпром намерен выйти на новый качественный уровень развития газомоторного рынка в масштабах всей страны.

По словам Алексея Миллера, Россия должна вернуться на первое место по уровню потребления природного газа на транспорте. При наличии встречного движения со стороны региональных и муниципальных властей, которые должны закупать технику в газовом исполнении, в ближайшие 3-5 лет потребление метана российским транспортом (автомобильный, водный, железнодорожный) и сельскохозяйственной техникой может вырасти до 3 млрд м³ – практически в 10 раз больше, чем в 2011 г.

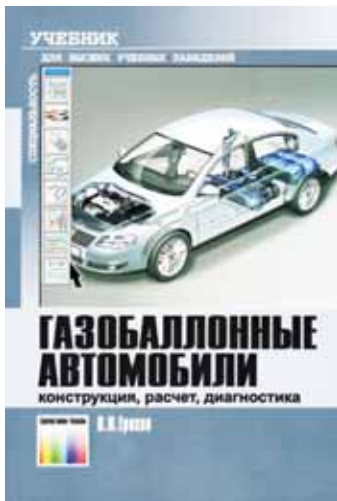
Реализация всех этих планов руководства России и топ-менеджеров Газпрома действительно приведет к буму метана на транспорте.

Е.Н. Пронин,
исполнительный директор НГА



Газобаллонные автомобили

Применение газового топлива в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте имеет важное значение для обеспечения энергетической и экологической безопасности страны. Подготовка специалистов в данной области является одной из актуальнейших задач национальной экономики.



Дисциплина «Газобаллонные автомобили», включающая ряд самостоятельных, но взаимосвязанных учебных разделов, имеет приоритетное значение при подготовке студентов по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» в области применения альтернативных топлив.

Вышедший учебник «Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика)» автора В.И. Ерохова, д.т.н., профессора МАМИ (2012, ISBN 978-5-9912-0201-5)

отражает уровень развития современных газобаллонных автомобилей (ГБА). В нем комплексно рассмотрены вопросы конструирования, эксплуатации и технического обслуживания газобаллонных автомобилей. Подобных изданий по данной дисциплине не существует.

Учебник состоит из введения, 11 глав, иллюстративного материала, таблиц и списка литературы. Общий объем включает 598 с. и 184 рис.

В издании рассмотрены особенности конструкции и технической эксплуатации газовой аппаратуры нового поколения отечественного и зарубежного производства, приведены регулировочные и эксплуатационные параметры основных узлов и систем ГБА. Дана оценка экологических и топливно-экономических качеств газобаллонных автомобилей.

В этой работе изложены особенности и даны практические рекомендации по организации переоборудования бензиновых

автомобилей в газобаллонные. Изложены рекомендации по рациональному размещению элементов газовой аппаратуры на автомобиле.

В учебнике рассмотрены вопросы организации переоборудования и испытания газовой аппаратуры, а также переосвидетельствования газовых баллонов, организации технического обслуживания и ремонта ГБА.

Приведены характеристики современного оборудования и приборов для диагностики систем впрыскивания топлива. Сформулированы практические рекомендации по обнаружению и устранению типичных неисправностей газовой аппаратуры легковых автомобилей.

Приведенные материалы содержат правила эффективной и безопасной эксплуатации, заправки, хранения и обслуживания газобаллонных легковых автомобилей.

Достоинством учебника является также рассмотрение новых материалов современных систем питания ГБА и их электронных компонентов. Представленные материалы систематизированы по функциональным и конструктивным признакам, что позволяет в достаточной мере легко понять сущность рассматриваемой дисциплины.

Иллюстративный материал охватывает широкий спектр современных конструкций систем питания и их компонентов. Анализ приведенных материалов позволяет выявить тенденции развития в этой области.

Содержание учебника соответствует образовательному стандарту ВПО «Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности 150100 «Автомобиле- и тракторостроение».

Ю.В.Панов,

профессор Московского автомобильно-дорожного института
(Технический университет), к.т.н.

ЗАО «Промэнергомаш»: участие в развитии газомоторного рынка России

ЗАО «Промэнергомаш» накоплен многолетний опыт в области производства и поставок промышленного и технологического оборудования, а также оказания сервисных услуг для нужд дочерних организаций ОАО «Газпром». Обладая собственным проектно-конструкторским бюро, необходимой материально-технической и производственной базами, квалифицированными специалистами, ЗАО «Промэнергомаш» предлагает оптимальные функциональные решения и выполняет работы от момента проектирования до сдачи объекта «под ключ».

Основные виды деятельности компании:

- проектирование систем автоматики, автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), многотопливных автомобильных заправочных станций (МАЗС), пунктов по переоборудованию автомобилей и других объектов;
- монтаж, пусконаладка и техническое обслуживание АГНКС, компрессорного, подъемно-транспортного и прочего оборудования;
- диагностика и экспертиза промышленной безопасности технических устройств;
- производство и поставки:
 - АГНКС и компрессорного оборудования;
 - систем промышленной автоматики;
 - металлоконструкций различного назначения;
 - приборов неразрушающего контроля и т.д.;
- автоматизация технологических процессов как отдельных узлов, так и систем управления в целом для объектов газовой промышленности, тепло- и электроэнергетики, транспорта;
- модернизация существующих и устаревших систем автоматического управления (САУ).

Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции

Фирма работает только с надежными производителями и поставщиками оборудования и комплектующих, продукция которых проверена в эксплуатации. ЗАО «Промэнергомаш»

предлагает современные, полностью автоматизированные комплектные автомобильные газонаполнительные компрессорные станции на базе широкой линейки компрессоров. Строительство АГНКС – это прочный и надежный фундамент для построения и развития бизнеса в сфере реализации компримированного природного газа.

Благодаря полной автоматизации управления компрессорной станцией, не требующей присутствия технического персонала, появляется реальная возможность создать сеть АГНКС с минимальными эксплуатационными затратами.

Гарантийное и сервисное обслуживание

От качества наладки, правильной эксплуатации и своевременного обслуживания зависят работоспособность оборудования, а соответственно и бесперебойность работы объекта. Именно поэтому гарантийное и сервисное обслуживание входит в перечень услуг, предоставляемых ЗАО «Промэнергомаш».

Сервисная служба фирмы предлагает техническую поддержку после сдачи объектов в эксплуатацию, включая работы по гарантийному и периодическому техническому обслуживанию. Группа наладки ЗАО «Промэнергомаш» проводит все необходимые наладочные работы в случаях сбоя или необходимости корректировки алгоритмов работы оборудования. Возможно сервисное обслуживание объекта и в послегарантийный период.

ЗАО «Промэнергомаш» постав-ляет оригинальные запасные части,

комплектующие и расходные материалы для АГНКС-125, АГНКС-250 и АГНКС-500 производства бывшей ГДР на базе компрессоров HL1KU-25/80-D, 2HB2K-160/100 и 4HR3KN-200.

По любым вопросам, связанным с технологией обслуживания, организацией производства работ, номенклатурой запчастей и комплектующих для ремонта оборудования, специалисты ЗАО «Промэнергомаш» предоставляют своевременные консультации. Для удобства заказчиков организована доставка продукции до места монтажа.

Проектирование

ЗАО «Промэнергомаш», являясь членом СРО НП «Газораспределительная система. Проектирование», имеет допуск к проектированию объектов капитального строительства, в том числе особо опасных и технически сложных. Фирма выполняет полный перечень инженеринговых услуг.

Имеющийся опыт, состав и квалификация специалистов позволяют компании выпускать документацию по основным разделам проектирования на различных его стадиях: предпроектные предложения, проект, рабочий проект.

Среди услуг по проектированию капитального строительства новых АГНКС, МАЗС (с применением ЖМТ, КПП, СУГ, СПГ), ППА, а также по модернизации и техперевооружению существующих объектов ЗАО «Промэнергомаш» предлагает следующие:

- **Консультацию и помощь заказчику в определении типа технологического оборудования и комплектации АГНКС**, решающими параметрами для которых являются количество и объем автомобильных заправок, максимальная производительность станции и качество природного газа.
- **Составление оптимального технико-экономического обоснования и концепции АГНКС.**
- **Консультацию и помощь заказчику в выборе участка под строительство АГНКС**, правильность которого позволит значительно сократить сроки и стоимость проектирования, а в последующем и строительства.
- **Разработку технического задания будущего проекта совместно с заказчиком**, в котором определяется объем проектных работ.



Примеры эскизного проекта

- **Выполнение эскизного проекта**, в котором определяется общий стиль комплекса, архитектурно-планировочное решение, перечень оборудования и материалов, план фундамента, оптимальные варианты отопления, водоснабжения, канализации и иных инженерных сетей непосредственно для данного объекта.

- **Рабочее проектирование объекта**, на стадии которого происходит

разработка проектной документации в объеме, необходимом для производства строительно-монтажных работ, окончательная корректировка и увязка архитектурных, конструктивных и технологических решений, разработка разделов проекта в объеме, необходимом для предоставления на государственную экспертизу.

- **Разработку рабочего проекта автоматизации технологических**

процессов или модернизации АГНКС на базе системы автоматического управления «СКАТ».

- **Разработку проекта мониторинга удаленных технологических объектов** (АГНКС, МАЗС и пр.).

В 2009 г. ЗАО «Промэнергомаш» было награждено дипломом НП «Национальная газомоторная ассоциация» за вклад в развитие газомоторного рынка Российской Федерации.

ЗАО «ПРОМЭНЕРГОМАШ»



**Проектирование, производство,
монтаж, пусконаладка, сервисное обслуживание
АГНКС и АСУ ТП**

**Автоматизация и модернизация объектов
Проекты "под ключ"**

Тел./факс: (812) 493-25-82; E-mail: info@promenmash.ru
www.promenmash.ru

Итоги 25-го Мирового газового конгресса



Е.Н. Пронин,
исполнительный директор НГА

NGV Results at the 25th World Gas Conference

E.N. Pronin



Президент МГС Датук Абдул Рахим (слева),
Премьер-министр Малайзии Наджиб Разак
и председатель правления ОАО «Газпром»
Алексей Миллер (справа) на стенде Газпрома



Ударом в священный гонг Премьер-министр Малайзии Наджиб Разак
открыл 25-й МГК

газовой выставке приняли участие гранды энергетических отраслей, крупные, средние и малые производственные компании, инженеринговые фирмы, научные организации. Среди широчайшей гаммы тем, которые были обсуждены на конгрессе и которые решаются в рамках Мирового газового союза (МГС), большое внимание было уделено вопросам использования газа в качестве моторного топлива.

В ключевом докладе заместителя председателя правления ОАО «Газпром» Александра Медведева на 25-м Мировом газовом конгрессе этой тематике было отведено особое место. Он выступал в связи с участием председателя правления Алексея Миллера в официальном визите Президента Российской Федерации Владимира Путина в Китайскую Народную Республику.

Направленность доклада российских газовиков в Будущее, на Человека наглядно демонстрировала художественно-спортивная программа юных гимнасток на стенде Газпрома.

С 4 по 8 июня 2012 г. в Куала-Лумпуре (Малайзия) прошел 25-й Мировой газовый конгресс (МГК). Этот саммит газовиков всего мира

проводится один раз в три года. МГК – место сверки «газовых» часов на ближайшие три года. В конгрессе и сопровождающей его Мировой



Участники Стратегической сессии по газомоторному топливу (слева направо): Эрнесто Лопес Анадон (экс-президент МГС); Габриэле Гоцци (президент Глобальной газомоторной ассоциации – NGV Global); Ли Джок Сен (исполнительный директор газомоторной ассоциации ATP – ANGVA); Р. Фернандес (президент газомоторной ассоциации Латинской Америки – LANGVA); Дейв МакКарди (президент Американской газовой ассоциации – AGA); Ларс Бликком (компания DNV)

Она каждый день привлекала сотни восхищенных зрителей из всех стран мира и создавала образ молодой, красивой, талантливой и дружелюбной России.

О необходимости и реальных путях расширения рынка природного газа вслед за Александром Медведевым говорили участники заседания Исследовательской

группы 5.3 (Использование газа на транспорте), а потом и участники Стратегической сессии по газомоторному топливу.

Отметим, что в деловой программе 25-го Международного газового конгресса были запланированы 14 ключевых докладов руководителей ведущих мировых нефтегазовых компаний и ассоциаций.

На площадке конгресса состоялись 10 стратегических круглых столов, 17 форумов для экспертов, 28 заседаний Рабочих и Программных комитетов МГС.

25-й Международный газовый конгресс однозначно подтвердил, что роль природного газа велика и будет возрастать.

Выдержки из выступлений на конгрессе

Александр Медведев выступил с докладом, где, в частности, было сказано:

«Понимая свою роль ключевого поставщика природного газа на рынке Евразии, мы также



Александр Медведев,
ОАО «Газпром», Россия

же думаем о том, какие действия нужно предпринять в рамках имеющихся возможностей для достижения цели предотвращения климатических изменений в ближайшие десятилетия. Нам думается, что нужно объединить наши силы для расширения сферы применения природного газа. Наиболее перспективным в этом отношении является транспорт.

На долю транспорта приходится 27,5 % в мировом ТЭБ с прогнозом роста до 30,8 % к 2035 г. (ИНЭИ РАН). На его же долю приходится около 28 % выбросов CO₂. Между тем известно, что применение природного газа в автомобильном транспорте дает значительный экономический эффект. При этом эмиссия вредных веществ радикально сокращается.

Расширение использования природного газа – это вполне отчетливая, хорошо видимая перспектива. Следствием того газового бума, который мы сегодня наблюдаем в Северной Америке, станут дополнительные инвестиции в технологии использования природного газа, в том числе на транспорте. А в конечном итоге это приведет к расширению рынка природного газа в качестве моторного топлива. Над этой темой мы работаем давно. Еще в бывшем СССР разрабатывались технологии применения природного газа в качестве топлива не только для автомобилей, но и для других видов техники, включая железнодорожные локомотивы и самолеты гражданской авиации.

Сегодня Газпром, являясь лидером газомоторного рынка России, активно работает над развитием соответствующего сегмента национального автотранспорта. Но для достижения

ощутимых результатов необходимы международные усилия. Необходимо вовлекать в общую деятельность автомобилестроителей и компании, готовые к сотрудничеству в области международных инфраструктурных топливных проектов. Газпром готов к такому сотрудничеству.

В целях популяризации своих инициатив по внедрению газомоторного топлива Газпром совместно с Национальной газомоторной ассоциацией ежегодно проводит специализированную выставку GasSUF, Международную научно-практическую конференцию «Газ в моторах», регулярные автопробеги «Голубой коридор», поддерживает российскую команду ралли-рейдов «Ё-авто». По данным Газпрома, в тех городах и регионах, по которым проходил «Голубой коридор» в предыдущие годы, рост объемов продаж газомоторного топлива через некоторое время доходил до 17 %.

Мы предлагаем расширить географию распространения голубых коридоров. Нам всем нужен международный проект, целью которого будет расширение инфраструктуры обслуживания и заправок NGV, а также нужны дополнительные меры по стимулированию и расширению номенклатуры производства транспортных средств. Такой проект может быть реальным вкладом в борьбу за предотвращение климатических изменений и в генерацию новых импульсов экономическому развитию.

В русском языке есть второе значение слова «газификация». Так мы называем расширение в регионах России газоснабжения коммунального и бытового сектора. Мне кажется, что на глобальном уровне мы должны перейти от прогнозов о вероятном наступлении «золотого века природного газа» к практическим и быстрым действиям по газификации мировой экономики. Расширение международного сотрудничества в области NGV могло бы стать шагом в этом направлении».

Евгений Пронин, руководитель группы 5.3, доложил о результатах работы Исследовательской группы в 2009-2012 гг.



Евгений Пронин,
ОАО «Газпром», Россия

Группа подготовила Итоговый доклад о состоянии и перспективах развития глобального газомоторного рынка. Доклад является результатом совместной работы Международного газового союза и Европейской экономической комиссии ООН. В его подготовке участвовали 88 экспертов из 65 компаний 30 стран мира. В докладе обобщена информация о состоянии рынков КПГ, СПГ и биометана, основных тенденциях и направлениях правового,

организационного и технологического развития. Рассмотрены вопросы европейской экологической стратегии, синергии природного газа и биометана, перспективных технологий, формирования голубых и прочих газовых коридоров.

Рынок метана для транспорта на конец 2011 г. характеризовался следующим образом: парк автомобилей на природном газе – 14,5 млн ед., число АГНКС – 20,7 тыс., потребление КПГ/СПГ – от 30 до 40 млрд м³/год. По прогнозам ведущих аналитических агентств до 2050 г. могут произойти следующие

изменения: численность населения Земли вырастет до 8,9 млрд чел.; среднемировой уровень автомобилизации достигнет 200 легковых автомобилей на 1000 чел.; среднегодовая цена нефти увеличится до 145-150 долл. США за баррель; мировое потребление энергоносителей может вырасти на четверть – с 550 до 990 млрд ВТУ; выбросы загрязняющих веществ в эквиваленте CO₂ достигнут 60 Гт; доля нефти в энергобалансе может сократиться с сегодняшних 32 до 24 %, а доля природного газа вырастет с 22 до 27 %; потребление природного газа транспортом может вырасти до 400 млрд м³/год.

В таких условиях реальным ответом на экологические, экономические и социальные угрозы в транспортном секторе мирового хозяйства является только природный газ. Другие топливные альтернативы также обладают некоторыми преимуществами над бензином и дизельным топливом. Но только в природном газе чистота, дешевизна, изобилие и безопасность сошлись воедино. Нет сегодня другой коммерческой (а не политической или научной) альтернативы нефтепродуктам. Малазийский газовый конгресс наглядно показал, что к этому выводу пришли практически во всем газифицированном мире, и сегодня наступает время инвестора в развитие газозаправочной сети.

Давор Матич представил аналитический материал, в котором дана оценка основных движущих сил мирового рынка природного газа и биометана, используемых в качестве моторного топлива. Эти движители – политические, экологические, экономические, сформировавшиеся в предыдущие три-пять лет, – будут и дальше определять развитие национальных и региональных газомоторных рынков. К основным задачам, требующим скорейшего решения, можно отнести:



Давор Матич,
OMV Gas Adria, Хорватия

• необходимость сокращения зависимости экономики от нефти в целом и от импортной нефти в частности;

- снижение риска срыва поставок нефти из политически нестабильных регионов;
- сокращение выбросов CO₂ и общая декарбонизация энергетики;
- повышение национальной самодостаточности и самообеспеченности;
- сокращение бюджетных затрат на транспорт;
- разработка новых ресурсов: сланцевый газ, биометан, метан угольных пластов и т.д.;
- развитие национального автомобилестроения в газовом направлении и производства газобаллонного оборудования;
- международная унификация норм, правил, стандартов в газомоторной области;
- положительное восприятие транспортниками нового вида топлива;
- увеличение доли энергоносителей из возобновляемых источников в национальной энергетике;

- внедрение мер экономического поощрения и принуждения;
- развитие газозаправочной сети;
- рост инвестиций в развитие газомоторной инфраструктуры.

Вполне очевидны коммерческие и технологические направления развития мирового газомоторного рынка.

В секторе легкой техники:

- наращивание модельного ряда газовых автомобилей заводского производства;
- снижение роли сектора переоборудования мирового парка газобаллонных автомобилей, являющегося основным источником пополнения парка ГБА;
- создание новых моделей газовых машин с сокращением единичной мощности газового двигателя, а также их гибридизация;
- использование автомобилей с универсальной системой питания (газ или бензин) до широкого развития газозаправочной сети.

В секторе тяжелой техники:

- активное развитие малотоннажного производства и использования сжиженного

природного газа на всех типах и видах транспортных средств тяжелых классов;

- наращивание закупок менее дорогостоящей в эксплуатации и экологически более безопасной тяжелой техники (газовые и газодизельные автобусы, мусоровозы, уборочная техника, прочие коммунальные автомобили) для бюджетной сферы, прежде всего муниципалитетов;
- увеличение парка газовых автомобилей государственных и частных специализированных автотранспортных предприятий: почта, полиция, скорая помощь, школа, междугородные и международные пассажирские и грузовые перевозки;
- развитие газозаправочной сети и снижение цен на газовые машины заводского производства, которые приведут к сокращению значения сегмента переоборудования.

В секторе внедорожной транспортной техники:

- активный перевод карьерных самосвалов, магистральных и маневровых локомотивов, аэродромных машин, морских и речных судов на СПГ.

Оливье Борделан представил результаты крайне важного исследования в области безопасности газовых автомобилей. В 2005 г. во Франции произошли два инцидента с разрушением композитных баллонов и последующим возгоранием газозаправочной смеси в автобусах, работающих на КПП.



Оливье Борделан,
GDF Suez, Франция

По результатам технического расследования в 2006 г. французские власти предложили запретить эксплуатацию газовых автобусов в туннелях.

Для подготовки контраргументов Французская газомоторная ассоциация (AFGNV) сформировала межведомственную экспертную группу для проведения двух исследований:

- анализа рисков эксплуатации грузовых автомобилей, автобусов и мусоровозов, работающих на КПП, и моделирования сценариев развития аварий и связанных с ними опасных последствий;

- оценки рисков эксплуатации грузовых автомобилей, автобусов и мусоровозов, работающих на КПП, и их сравнения с дизельными аналогами в подобных ситуациях.

Результаты моделирования показали следующее:

- для автобуса на КПП, движущегося в туннеле, в первые 10 мин. после аварии количественная оценка показывает, что уровень глобального риска в 3 раза меньше, чем для дизельного автобуса, в частности, уровень задымления для газового автобуса на 80 % меньше, чем для дизельного;
- для автобуса на КПП через 1 ч после аварии уровень глобального риска в 1,4 раза меньше, чем для дизельного автобуса;
- для газовых автомобилей грузоподъемностью от 3,5 до 10 т уровень глобального риска на 61 %, а при грузоподъемности от 19 до 26 т – на 87 % ниже, чем для дизельных автомобилей.

Основной вывод исследований – эксплуатация грузовых автомобилей, автобусов и мусоровозов, работающих на КПП, в туннелях не более опасна, чем эксплуатация дизельных аналогов.

Системы электронного управления топливopодачей газовых и газодизельных двигателей

В.А. Марков,

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

В.В. Фурман,

ведущий конструктор ООО «ППП Дизельавтоматика» (г. Саратов),

В.А. Иванов,

инженер-конструктор ООО «ППП Дизельавтоматика»,

И.А. Черезов,

инженер-конструктор ООО «ППП Дизельавтоматика»

Рассмотрены особенности работы дизельных двигателей, адаптированных к работе на природном газе. Описаны разработанные системы электронного управления топливopодачей дизельных и газодизельных двигателей.

Ключевые слова: дизельный двигатель, газодизельный двигатель, газовый двигатель, дизельное топливо, природный газ, электронная система управления.

Electronic systems of fuel supply control in gas and diesel-gas engines

V.A. Markov, V.V. Furman, V.A. Ivanov, I.A. Cherezov

Operational features of diesel engines fitted to use natural gas as a fuel have been considered. The developed electronic systems of fuel supply control in gas and diesel-gas engines are characterized.

Keywords: diesel engine, diesel-gas engine, gas engine, diesel fuel, natural gas, electronic control system.

В настоящее время в качестве одного из наиболее перспективных видов альтернативного моторного топлива рассматривается природный газ [1, 2]. В 2010 г. его доля в мировом балансе газовых альтернативных моторных топлив превысила 50 %. К 2035 г. годовое потребление природного газа в мире вырастет до 5,1 трлн м³, а его доля в топливном балансе планеты увеличится до 25 % [3].

Применение природного газа, в первую очередь, целесообразно на автомобильном транспорте, потребляющем большую часть моторных топлив. В Германии, например, предполагается к 2020 г. довести число автомобилей, работающих на природном газе, до 20 % от общего автомобильного парка

[1]. Используется этот вид топлива и на железнодорожном транспорте, в судовых дизелях, дизель-генераторных и компрессорных установках, других стационарных двигателях.

Особенность использования природного газа заключается в том, что он находится в одном агрегатном состоянии с окислителем – воздухом. Это облегчает смесеобразование, позволяет получить гомогенную топливовоздушную смесь, обеспечить ее полное сгорание, высокие экономические и экологические показатели двигателя. Причем, при конвертации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на природный газ предпочтительно использовать дизельные двигатели, отличающиеся высокой степенью сжатия и

работающие с увеличенным по сравнению с бензиновыми двигателями коэффициентом избытка воздуха. Это позволяет повысить эффективность сжигания природного газа, получить улучшенные показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов.

При переводе дизельных двигателей на газообразные топлива возникает проблема обеспечения надежного воспламенения газозвушной смеси в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов транспортного двигателя. Это обусловлено тем, что температура самовоспламенения нефтяных дизельных топлив составляет 230...300 °С (в зависимости от марки топлива), а природный газ (метан) имеет температуру самовоспламенения 540 °С. Поэтому температура конца сжатия T_c может оказаться недостаточной для самовоспламенения рабочей смеси. Одним из наиболее эффективных путей решения этой проблемы является реализация газодизельного цикла, в котором воспламенение газозвушной смеси осуществляется от запальной дозы дизельного топлива [1, 2].

К важнейшим параметрам газодизельных двигателей относится запальная доза дизельного топлива (ДТ). В автомобильных и тракторных двигателях, работающих на номинальном режиме, она обычно составляет 5...10 % [4, 5], в отдельных случаях – 20...25 % энергоемкости общей подачи топлива [6]. Это связано с необходимостью охлаждения распылителей форсунок дизельным топливом для предотвращения закоксовывания и выхода их из строя. В то же время с точки зрения более полного заещения нефтяного ДТ его запальную дозу желательно уменьшать.

Альтернативой газодизельным двигателям с воспламенением рабочей смеси от запальной дозы ДТ являются газовые двигатели с воспламенением смеси от постороннего источника – свечи зажигания. Такая организация рабочего цикла требует значительного увеличения энергии для искрообразования по сравнению с традиционными бензиновыми двигателями.

Реализация указанных потенциальных преимуществ газовых и

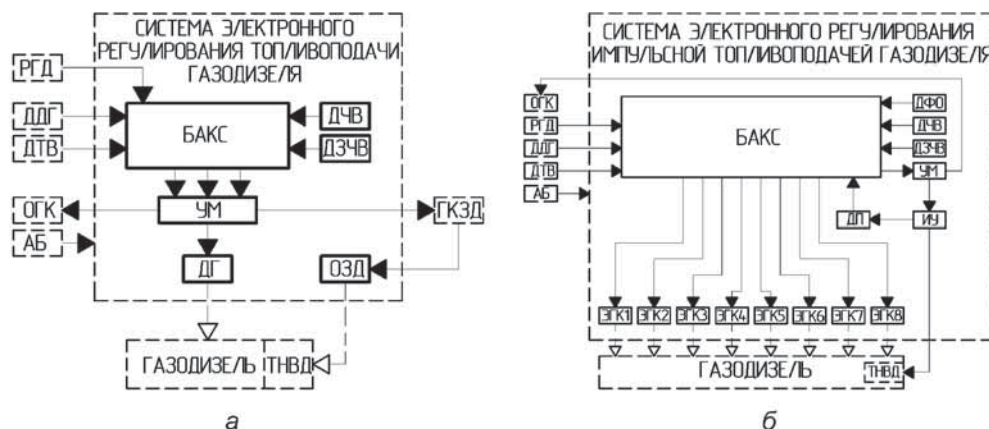


Рис. 1. Структурные схемы систем электронного управления топливоподачей СЭРГ500 (а) и импульсной топливоподачей газа СУДМ.01 (б) газодизеля:

АБ – аккумуляторная батарея; БАКС – блок автоматического контроля системы; ГКЗД – электромагнитный газовый клапан запальной дозы ДТ; ДГ – дозатор газовый; ДДГ – датчик давления газа; ДЗЧВ – датчик задания частоты вращения; ДТВ – датчик температуры охлаждающей жидкости; ДЧВ – датчик частоты вращения; ОЗД – ограничитель запальной дозы ДТ; ОГК – электромагнитный отсеочный газовый клапан; РГД – реле режима работы газодизеля (дизельный или газодизельный); ТНВД – топливный насос высокого давления; УМ – усилитель мощности; ДП – датчик положения штока исполнительного устройства; ДФО – датчик фазовой отметки; ИУ – исполнительное устройство; ЭГК1...ЭГК8 – электрогазовые клапаны

газодизельных двигателей невозможна без точного управления параметрами топливоподачи – цикловыми подачами газового и дизельного топлив, фазами и давлением топливоподачи. Эти параметры должны быть оптимальными для каждого эксплуатационного режима работы двигателя. Такое многофункциональное взаимосвязанное управление параметрами топливоподачи газодизельных двигателей целесообразно осуществлять с использованием современных электронных систем автоматического управления (САУ) и систем автоматического регулирования (САР) [1].

Производственно-промышленное предприятие ООО «ППП Дизельавтоматика» (г. Саратов) разработало несколько систем электроуправляемой подачи газа и дизельного топлива для дизелей, работающих по газодизельному циклу. Одной из них является система электронного управления топливоподачей СЭРГ500 для газодизельных двигателей автотракторной техники (рис. 1а).

Блок автоматического контроля систем (БАКС) – цифровой микропроцессорный комплекс со специальным программным обеспечением – предназначен для выполнения следующих функций:

- приема и обработки сигналов, поступающих от датчиков режимных параметров – частоты вращения, фазовой отметки, заданной частоты

вращения, положения штока исполнительного устройства, давления газа, температуры охлаждающей жидкости, управляющего сигнала от реле реализуемого цикла работы (дизельный или газодизельный);

- выдачи соответствующих сигналов на исполнительные устройства – газовый дозатор в газодизельном режиме работы, электромагнитный газовый клапан включения запальной дозы ДТ, электромагнитный отсеочный газовый клапан, усилитель мощности;

- регулирования частоты вращения по статическому или астатическому законам в газодизельном цикле работы на всех скоростных и нагрузочных режимах работы газодизеля;

- перехода с дизельного цикла работы на газодизельный по внешней команде, а также при выполнении ряда условий – при нагрузке на газодизель выше значений, для которых требуется запальная доза ДТ; при частоте вращения выше заданной, при которой разрешен переход на газодизельный цикл работы; при давлении газа и температуре охлаждающей жидкости выше заданных величин;

- автоматического перехода на дизельный цикл работы и блокировки перехода в газодизельный цикл при ряде ограничений – при нагрузке на газодизель ниже значений, для которых требуется запальная доза ДТ; при пониженных частоте вращения и давлении газа; при температуре

охлаждающей жидкости выше заданной; при отключении (невключении) ограничителя запальной дозы ДТ; при отсутствии сигнала о заданной частоте вращения;

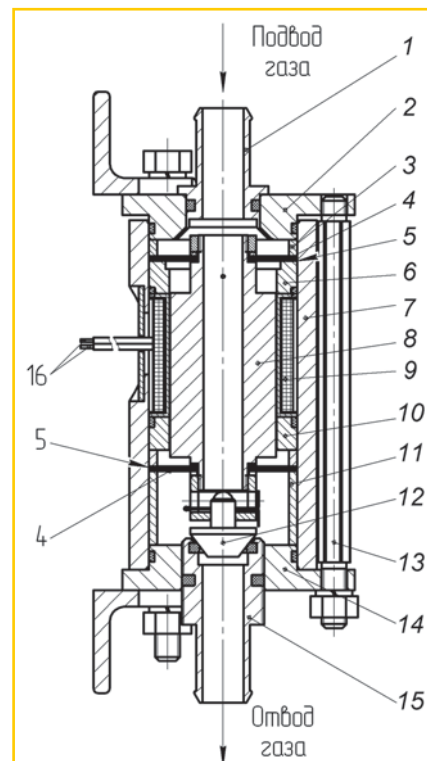


Рис. 2. Газовый дозатор системы СЭРГ500: 1 – входной штуцер; 2, 14 – фланец; 3, 11 – распорное кольцо; 4 – мембрана; 5 – пластинчатая пружина; 6 – верхний полюс; 7 – стакан; 8 – сердечник; 9 – катушка; 10 – нижний полюс; 12 – затвор; 13 – стяжная шпилька; 15 – отводящий штуцер

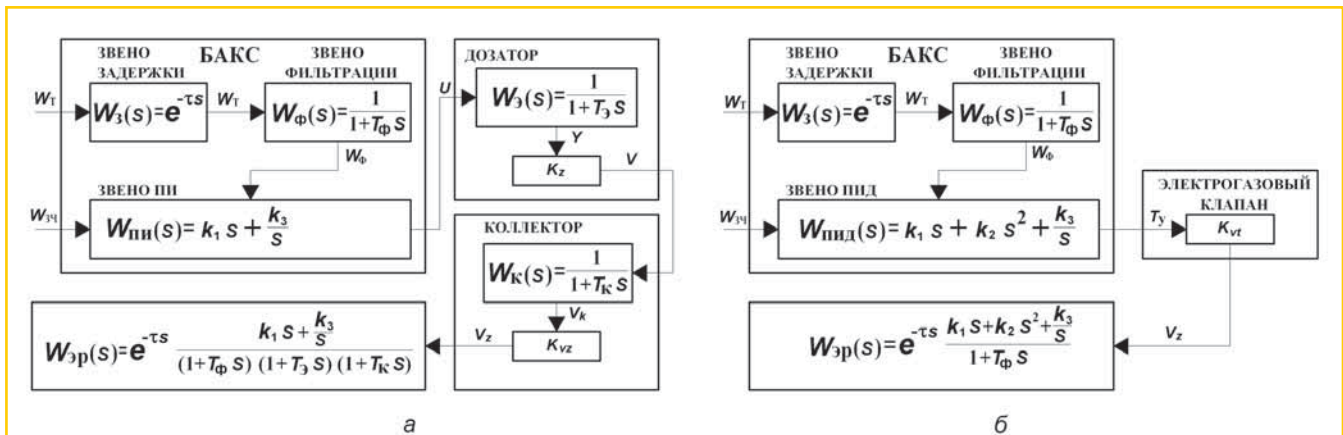


Рис. 3. Структурная схема передаточных функций электронного регулятора частоты вращения системы типа СЭРГ500 с газовым дозатором (а) и электронного регулятора частоты вращения с системой импульсной подачи газа типа СУДМ.01 (б):

W_t – текущая частота вращения; $W_3(s)$ – передаточная функция звена задержки; $W_\phi(s)$ – передаточная функция звена фильтрации; W_ϕ – текущая частота вращения после фильтрации; $W_{3\tau}$ – заданная частота вращения; $W_{\text{ПИ}}(s)$ – передаточная функция пропорционально-интегрального звена; $W_{\text{ПИД}}(s)$ – передаточная функция электронного регулятора; U – среднее напряжение, подаваемое на электромагнит газового дозатора; $W_3(s)$ – передаточная функция электромагнита газового дозатора; Y – перемещение затвора; K_z – коэффициент расхода газа от перемещения затвора; V – объемный расход газа; $W_k(s)$ – передаточная функция коллектора; V_k – объемный расход газа после коллектора; K_{vz} – коэффициент зависимости объемной цикловой подачи газа от длительности управляющего сигнала; V_z – объемная цикловая подача газа; $W_{\text{ПИД}}(s)$ – передаточная функция пропорционально-интегрально-дифференциального звена; T_y – длительность управляющего сигнала, подаваемого на электрогазовый клапан; K_{vt} – коэффициент электрогазового клапана; τ – время задержки; s – комплексная переменная преобразования Лапласа; T_ϕ – постоянная времени фильтрации; k_1 – пропорциональный коэффициент; k_2 – дифференциальный коэффициент; k_3 – интегральный коэффициент; T_3 – постоянная времени электромагнита газового дозатора; T_k – постоянная времени коллектора

• цифрового индцирования ряда параметров.

Усилитель мощности предназначен для усиления сигналов, поступающих на элементы САУ: газовый дозатор, электромагнитный газовый клапан включения запальной дозы ДТ, электромагнитный отсечной газовый клапан.

Для электроуправляемой подачи газа разработана конструкция газового дозатора (рис. 2).

БАКС с газовым дозатором (рис. 3а) построен с использованием звена задержки для подсчета частоты вращения через интервал времени T_3 , звеньев фильтрации, электромагнита газового дозатора и коллектора, а также пропорционально-интегрального (ПИ) звена.

В двигателе, работающем на газе с САУ типа СЭРГ500, на подачу газа дозатором к всасывающим клапанам оказывает влияние объем полости всасывания (коллектор), угол перекрытия клапанов в процессе продувки и сжимаемости газа. Поэтому газ попадает в цилиндры с некоторым запаздыванием, что ухудшает смесеобразование и регулирование частоты вращения. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов.

Для улучшения этих показателей двигателей, работающих на природном газе, в ООО «ППП Дизельавтоматика» проведены работы по созданию электроуправляемой системы импульсной подачи газа к всасывающим клапанам двигателя на такте впуска посредством быстродействующего электромагнитного клапана. Влияние объема всасывания и угла перекрытия клапанов в процессе продувки в этой системе сведено к минимуму, что значительно уменьшает запаздывание подачи газа.

Электронный регулятор частоты вращения с импульсной подачей газа СУДМ.01 (рис. 3б) имеет звенья регулирования задержки для подсчета частоты вращения через интервал времени T_3 , фильтрации, а также пропорционально-интегрально-дифференциальное звено (ПИД).

Аналитические исследования рассмотренных регуляторов показали, что регулятор частоты вращения с системой импульсной подачи газа обладает большими быстродействием и запасом устойчивости.

Для автотракторной техники, в частности для трактора К-700 с двигателем, работающим по газодизельному циклу, спроектирована система электронного управления с импульсной подачей газа СУДМ.01. В этой

САУ воздействие на дозирующую рейку топливного насоса высокого давления осуществляется с помощью исполнительного устройства ЭРУС18 (электромеханическое устройство поворотного типа), работающего в комплекте с датчиком положения. При этом в дизельном режиме реализуется функция управления топливоподачей ДТ, в газодизельном – формирования запальной дозы ДТ.

Газ в цилиндры газодизеля подается с помощью электрогазовых клапанов, работающих в импульсном режиме. При этом формируется угол опережения подачи газа относительно положения поршня в нижней мертвой точке в зависимости от частоты вращения и нагрузки на газодизель.

Система СУДМ.01 (см. рис. 1б) содержит следующие основные составные части: блок управления; электрогазовые клапаны (по одному на каждый цилиндр); исполнительное устройство в комплекте с датчиком положения; датчик частоты вращения газодизеля; датчик фазовой отметки; комплект кабелей связи; комплект монтажных частей.

Блок управления системы СУДМ.01 – цифровой микропроцессорный комплекс со специальным программным обеспечением – предназначен для выполнения следующих функций:

- приема и обработки сигналов, поступающих от датчиков режимных параметров – частоты вращения, фазовой отметки, задания частоты вращения, положения штока исполнительного устройства, давления газа, температуры охлаждающей жидкости, управляющего сигнала от реле цикла работы газодизеля (дизельный или газодизельный);

- выдачи управляющих сигналов на исполнительные устройства – электрогазовые клапаны в газодизельном режиме работы, исполнительное устройство дозирующего органа ТНВД, электромагнитный отсечной газовый клапан, усилитель мощности;

- регулирования частоты вращения по статическому или астатическому законам в дизельном и газодизельном циклах работы на всех скоростных и нагрузочных режимах;

- перехода из дизельного цикла работы на газодизельный по внешней команде, а также выполнения ряда

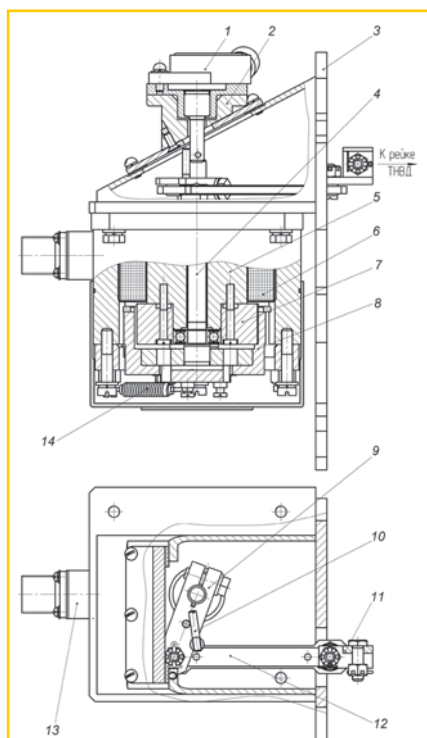


Рис. 4. Исполнительное устройство в комплекте с датчиком положения:

1 – датчик положения дозирующего органа; 2 – корпус датчика положения; 3 – плита для подсоединения к ТНВД; 4 – выходной вал исполнительного устройства; 5 – корпус исполнительного устройства; 6 – катушка; 7 – полюс; 8 – якорь; 9 – рычаг; 10 – поводок; 11 – хвостовик для подсоединения к рейке ТНВД; 12 – серьга; 13 – штепсельный разъем; 14 – возвратная пружина

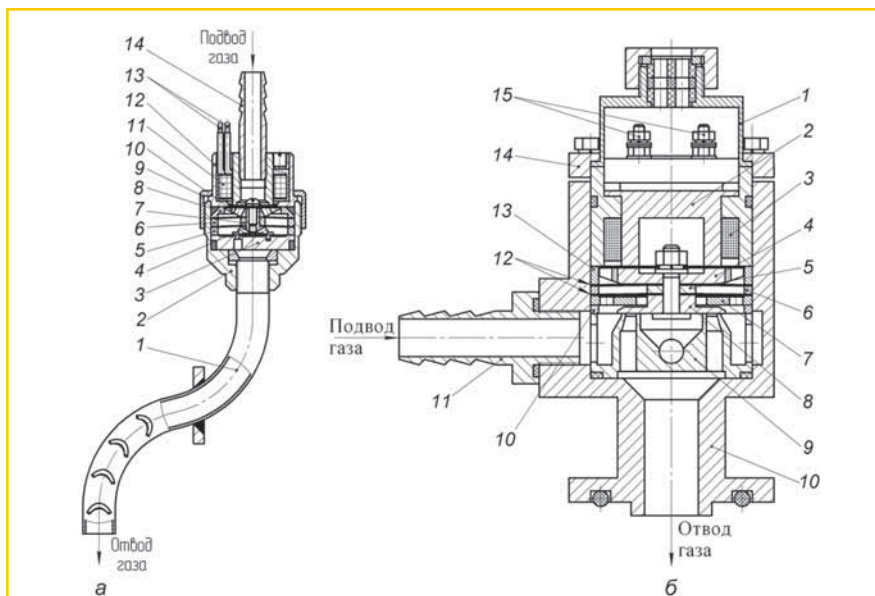


Рис. 5. Электрогазовые клапаны 2ЭГК.02 (а) и 4ЭГК.01 (б)

а: 1 – трубка для отвода газа; 2 – корпус; 3 – седло; 4 – затвор; 5 – опорное кольцо; 6 – распорное кольцо; 7 – распорная втулка; 8 – установочная шайба; 9 – накидная гайка; 10 – якорь; 11 – катушка; 12 – корпус электромагнита; 13 – выводные провода; 14 – штуцер для подвода газа;

б: 1 – колпак; 2 – сердечник; 3 – катушка; 4 – якорь; 5 – распорная втулка; 6 – распорное кольцо; 7 – упор; 8 – затвор; 9 – седло; 10 – корпус; 11 – штуцер; 12 – кольцевая пружина; 13 – установочное кольцо; 14 – крышка; 15 – выводные клеммы

условий – при нагрузке на газодизель выше значений, для которых требуется запальная доза ДТ; при частоте вращения выше заданной, при которой разрешен переход на газодизельный цикл; при давлении газа и температуре охлаждающей жидкости выше заданных величин;

- автоматического перехода на дизельный цикл и блокировки перехода на газодизельный цикл при ряде ограничений – при нагрузке на газодизель ниже значений, для которых требуется запальная доза ДТ; при пониженной частоте вращения и давлении газа; при температуре охлаждающей жидкости выше заданной величины; при отключении (невключении) ограничителя запальной дозы ДТ; при отсутствии сигнала о заданной частоте вращения; при цифровом индцировании ряда параметров.

Усилитель мощности предназначен для усиления сигналов, поступающих на исполнительное устройство (рис. 4) дозирующего органа ТНВД и электромагнитный отсечной газовый клапан.

Конструкция электроуправляемого газового клапана, предназначенного для дозирования подачи газа в каждый цилиндр, первоначально разрабатывалась для двигателей боль-

шей мощности. Проведенные расчеты, исследования и испытания позволили выбрать оптимальный вариант клапана, на который был получен патент Российской Федерации № 2211878.

Для автотракторной техники на основе данной конструкции была разработана модификация электрогазового клапана, предназначенного для трактора К-700 (рис. 5а). Циклограмма работы электрогазового клапана представлена на рис. 6.

Электрогазовый клапан 2ЭГК.02 имеет следующие характеристики:

- период времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его открытия $t_c = 3$ мс;
- период времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его закрытия $t_n = 3$ мс;
- цикловая подача составляет $0,8 \cdot 10^{-4}$ м³/цикл при давлении газа на входе в электрогазовый клапан $p_1 = 0,3$ МПа, при противодавлении на выходе из клапана $p_2 = 0,16$ МПа и длительности открытия клапана $t_o = 10$ мс.

Зависимость цикловой подачи от продолжительности полного открытия клапана линейная.

Системы топливоподачи газодизельной большой мощности (более 1000 кВт)

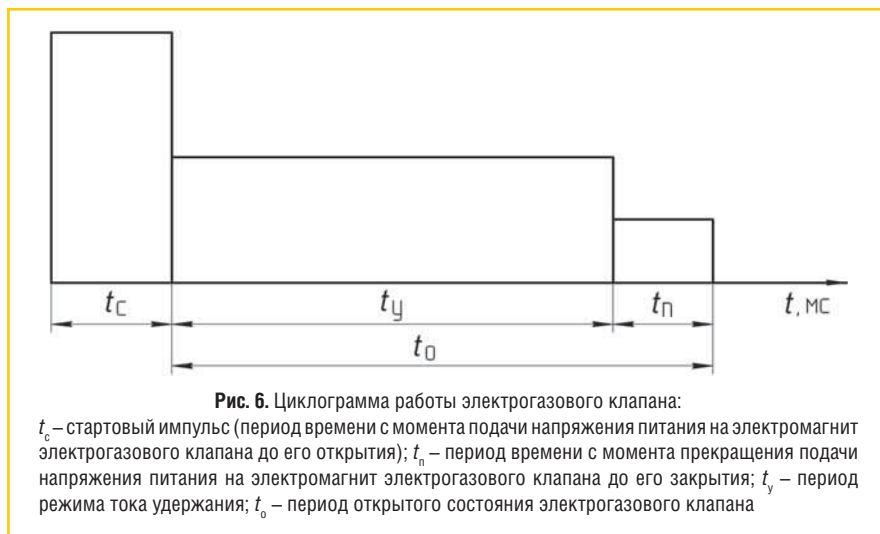


Рис. 6. Циклограмма работы электрогазового клапана:

t_c – стартовый импульс (период времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит электрогазового клапана до его открытия); t_n – период времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит электрогазового клапана до его закрытия; t_y – период режима тока удержания; t_0 – период открытого состояния электрогазового клапана

комплекуются электрогазовыми клапанами 4ЭГК.01 (рис. 5б). Электрогазовый клапан 4ЭГК.01 имеет следующие характеристики:

- период времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его открытия $t_c=6$ мс;
- период времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его закрытия $t_n=4$ мс;
- цикловая подача составляет $0,75 \cdot 10^{-3}$ м³/цикл при давлении газа на входе в электрогазовый клапан $p_1=0,29$ МПа, при противодавлении на выходе из клапана $p_2=0,16$ МПа и продолжительности его открытия $t_0=13,5$ мс;
- цикловая подача составляет $0,20 \cdot 10^{-3}$ м³/цикл при давлении газа на входе в электрогазовый клапан $p_1=0,31$ МПа, при противодавлении на выходе из клапана $p_2=0,01$ МПа и длительности открытия клапана $t_0=3,5$ мс.

Зависимость цикловой подачи от продолжительности полного открытия клапана линейная.

Опытные образцы модификации электрогазового клапана (4ЭГК.01) прошли испытания на ОАО «Коломенский завод» в лаборатории на безмоторном стенде, а также на стенде с одноцилиндровой газодизельной установкой в моторной лаборатории, где были подтверждены все заявленные изготовителем параметры.

Испытания на полноразмерном газодизель-генераторе ГД-1000 на ОАО «Турбомоторный завод» (г. Екатеринбург) системы электронного управления с регулированием запальной

дозы ДТ электрогазовыми клапанами 4ЭГК.01 показали, что параметры регулирования частоты вращения газодизель-генератора ГД-1000 с системой электронного регулирования и импульсной подачи газа соответствуют первому классу точности по ГОСТ 10511–83. В ходе этих испытаний из-за отсутствия охлаждаемых форсунок не удалось минимизировать запальную дозу ДТ.

С аналогичными клапанами была разработана система электронного управления с импульсной подачей газа на газовых двигателях с искровым зажиганием. В настоящее время такая система внедрена на газовом двигателе с искровым зажиганием, выполненном на базе дизеля 12 ЧН 26/26, при его работе в составе двигатель-генератора в общую сеть. Система обеспечила устойчивую работу даже при

пропуске вспышек. Параметры переходного процесса по забросу частоты вращения с данной системой соответствуют первому классу точности регулирования по ГОСТ 10511–83.

Для этой системы разработана новая модификация электрогазового клапана 4ЭГК.03 повышенной цикловой подачи и со сниженной потребляемой мощностью. При этом основные характеристики электрогазового клапана 4ЭГК.03 следующие:

- период времени с момента подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его открытия $t_c=4,5$ мс;
- период времени с момента прекращения подачи напряжения питания на электромагнит клапана до его закрытия $t_n=2,5$ мс;
- цикловая подача составляет $1,89 \cdot 10^{-3}$ м³/цикл при давлении газа на входе в электрогазовый клапан $p_1=0,28$ МПа, при противодавлении на выходе из клапана $p_2=0,13$ МПа и продолжительности открытия клапана $t_0=24$ мс;
- цикловая подача составляет $0,157 \cdot 10^{-3}$ м³/цикл при давлении газа на входе в электрогазовый клапан $p_1=0,04$ МПа, при противодавлении на выходе из клапана $p_2=0$ и длительности открытия клапана $t_0=6$ мс.

Проведенные экспериментальные исследования разработанных систем электронного управления топливоподачей, включающие как испытания на безмоторных стендах, так и моторные испытания, подтвердили эффективность этих САУ для газовых и газодизельных двигателей.

Литература

1. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
2. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие. – М.: Легион-Автодата, 2008. – 464 с.
3. **Пронин Е.Н.** Мировой рынок: наступила эпоха метана // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 6. – С. 9.
4. **Gettel L.E., Perry G.C., Boisvert J. et al.** Dual Fuel Engine Control Systems for Transportation Applications // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 1987. – Vol. 109. № 4. – P. 435-438.
5. **Kubesh J.T., Podnar D.J., Guglielmo K.H. et al.** Development of an Electronically-Controlled Natural Gas-Fueled John Deere Power Tech 8.1 L Engine // SAE Technical Paper Series. – 1995. – № 951940. – P. 71-78.
6. **Савельев Г.** Применение природного газа в качестве моторного топлива на сельскохозяйственных тракторах // АГЗК+АТ. – 2005. – № 1. – С. 45-51. – № 2. – С. 36-39.

Теория управления двигателем с искровым зажиганием при работе на газовом топливе

Монография под таким названием вышла в издательстве Самарского научного центра РАН. Автор – В.А. Шишков, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроения СГАУ им. академика С.П. Королева.

Монография (2012, ISBN 978-5-93424-578-9) объемом 312 с. содержит 57 рис., 15 табл., 148 литературных источников и посвящена особенностям системы управления, разработке математического алгоритма электронного управления двигателя с искровым зажиганием при работе на газовом топливе.

В первой главе изложены основные проблемы, возникающие при адаптации газобаллонного оборудования к конкретной конструкции двигателя внутреннего сгорания. Во второй главе рассмотрены схемы систем электронного управления, совместная работа элементов газовой подачи, а также даны конкретные рекомендации по их расчету и конструкции. Третья глава посвящена логике подачи газового топлива для различных схем двигателей. На основании исследований, проведенных автором, в четвертой главе разработан математический алгоритм управления ДВС с искровым зажиганием с ЭСУД с учетом совместной работы двигателя и элементов газобаллонного оборудования. В пятой главе показаны особенности адаптации газобаллонного оборудования с электронной системой управления к автомобилю. В шестой главе рассмотрены преимущества сборки газобаллонных автомобилей в условиях серийного производства автомобилей.

Автор в своей работе осуществил подробный анализ теоретического и

эмпирического материала по взаимовлиянию элементов ГБО и двигателя, а также его газовой топливной системы как на стационарных, так и переходных режимах работы. На его основе разработан математический алгоритм управления газовой подачей для контроллеров электронной системы управления двигателем с искровым зажиганием и приведены рекомендации по разработке системы газовой подачи для ДВС с ЭСУД.

Монография выполнена на высоком научном уровне, содержит ряд выводов, представляющих практический интерес для разработчиков и производителей автомобилей, работающих на газовом топливе с электронной системой управления двигателем. Теоретическая значимость данной работы заключается в том, что алгоритм управления ДВС и газового оборудования выполнен с учетом реальных физических процессов, происходящих в топливной газовой системе двигателя. Это является важным моментом при использовании данной работы в учебном процессе для студентов вузов, специализирующихся в области тепловых двигателей. Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанного математического алгоритма для систем электронного управления двигателем внутреннего сгорания с искровым зажиганием при работе на газовом топливе.

Источники, цитируемые в монографии, отражают современную точку зрения на исследуемую проблему.

А.П. Шайкин,

академик РАН, д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой «Тепловые
двигатели» Тольяттинского ГУ



Золотой век метана на транспорте неизбежен

Е.Н. Пронин,
исполнительный директор НГА

The Golden Age of methane transport is inevitable

E.N. Pronin



Газовый ЛиАЗ

Экологические и экономические императивы заставляют мировую экономику вести постоянный поиск все новых и новых альтернатив традиционным нефтяным моторным топливам. Политика замещения нефтепродуктов альтернативными энергоносителями может привести к сокращению доли нефти в мировом топливном балансе с 32% в 2010 г. до 24% в 2050 г., а метана – к увеличению с 22% в 2010 г. до 27% в 2050 г.

О каких альтернативных видах топлива, а точнее топливных альтернативах и технологиях в транспортном секторе можно уверенно говорить? Они известны: гибридные схемы,

биотопливо, электричество, водород, газовое топливо (СУГ и метан). Конечно, перечень топливных альтернатив для транспортных средств не ограничивается только этими видами топлива. Однако в настоящей статье рассматриваются только они:

- **метан CH_4** (компримированный и сжиженный) вне зависимости от источника происхождения и технологии получения: природный газ, биометан, сланцевый газ, метан угольных пластов, e-gas (синтетический метан) и т.д.;
- **нефтепродукты** – дизельное топливо, бензин, авиационное и судовое топливо;

- **сжиженный углеводородный газ (СУГ);**
- **электричество** (аккумуляторы, контактный провод);
- **гибридные схемы;**
- **водород** (компримированный и сжиженный) и водородосодержащие добавки.

Степень рыночной готовности, масштабы применения, экологическая чистота, цена и т.д. у этих видов моторного топлива разные. Анализ отдельных коммерческих свойств каждого топлива позволяет сделать интегральную оценку и ранжировать эти топливные альтернативы по степени коммерческой привлекательности. Что это за свойства и каковы они у метана?

Универсальность – возможность использования топлива для любых транспортных средств и двигателей различных категорий и назначений. Метан применяется на всех видах и классах транспорта и является единственным видом углеводородного топлива с такой гаммой применения, которую не имеют даже дизельное топливо и бензин.

Ресурсы – обеспеченность топлива ресурсами. Запасы природного газа могут обеспечивать мировые потребности еще минимум в течение 250 лет.

Чистота – соответствие экологическим требованиям. Природный газ – самое экологически безопасное моторное топливо из всех имеющихся в коммерческой реализации. Метан позволяет сократить выбросы CO_2 на 50%, а NO_x – на 80%, содержание различных загрязняющих веществ в отработавших газах при работе двигателей на нем в 2...10 раз ниже, чем на традиционных нефтяных топливах. Выбросы газовых двигателей соответствуют перспективным нормам Евро-6.

Цена – розничная цена на заправочной станции КПГ и биометана

Критерий	CH ₄	Нефть	СУГ	Электричество	Гибриды	Водород
Универсальность	5	5	3	1	2	1
Ресурсы	5	2	2	3	3	5
Чистота	5	3	4	3	3	5
Цена	5	2	3	2	2	1
Степень коммерциализации	5	5	5	5	3	1
Инфраструктура	3	5	4	3	5	1
Возобновляемость	4	1	1	3	1	5
Устойчивость	4	4	4	4	2	1

усредненно равна половине цены нефтепродуктов. Природный газ – самое дешевое моторное топливо из всех имеющихся в коммерческой реализации.

Степень коммерциализации – стадия внедрения (разработка/создание, испытания, сертификация, освоение производства, коммерческая реализация). Природный газ имеется в коммерческой реализации более чем в 80 странах мира, спрос на метан ежегодно растет.

Инфраструктура – степень развития заправочной сети. Мировой парк АГНКС и криоАЗС насчитывает 21 тыс. станций гаражного и общего пользования, а также 9 тыс. АГНКУ индивидуального пользования.

Возобновляемость – возможность получения данного вида топлива из других источников или синтетическим путем по приемлемым ценам. Метан можно отнести к возобновляемым энергоносителям, поскольку его можно получать при переработке биомассы или синтетическим путем.

Устойчивость – возможность вывода топлива на рынок без государственной поддержки. Такая поддержка природному газу желательна, но не обязательна, как в случае с другими (в том числе политическими) альтернативами; биометан же без государственных субсидий и дотаций неконкурентоспособен.

Перечень критериев может быть дополнен, а их толкование расширено и детализировано. Предлагается следующая экспертная оценка коммерческой привлекательности той или иной топливной альтернативы в сегменте мирового транспорта (таблица).

В настоящий момент и на перспективу самым оптимальным со всех точек зрения видом моторного топлива является метан, основным источником которого был, остается и будет оставаться природный газ. Он обладает уникальной особенностью – в нем одновременно сошлись все экологические, технические и коммерческие преимущества. Такой комбинации нет ни у какого другого топлива. Вот как выглядит индекс привлекательности у различных энергоносителей:

CH ₄	1,00
Нефть.....	0,94
СУГ.....	0,92
Электричество.....	0,92
Гибриды.....	0,81
Водород.....	0,75

В 2011 г. мировое потребление природного газа транспортными средствами оценивается на уровне 35...40 млрд м³. По различным прогнозам, к 2035 г. мировой парк газобаллонных автомобилей может составить от 30 до 190 млн ед. (2...10 % общего мирового парка автомобилей) с потреблением метана от 60 до 380 млрд м³/год. Это в свою очередь позволяет добавить

упомянутым ранее критериям еще один – инвестиционную привлекательность метанового сегмента рынка. Уже в ближайшие годы не исключен 10-кратный (!) рост продаж метана для транспорта. Это вполне реальные объемы с учетом потребления этого топлива водным и железнодорожным транспортом. Простая арифметика показывает, что в ценах мая 2012 г. перспективная стоимость мирового газомоторного рынка только по газовой составляющей может достигнуть 400 млрд евро.

Единственным реальным фактором, сдерживающим развитие газомоторного рынка, является слабое развитие газозаправочной инфраструктуры. К строительству газовых заправок необходимо привлекать инвесторов, которым следует создать комфортные условия, поскольку их средства способствуют решению экологических и экономических проблем.

Мультипликативные эффекты газификации транспорта заключаются в развитии ряда отраслей экономики (металлургия, машиностроение, электроника, строительство, сельское хозяйство, транспорт, наука и образование), организации новых производств, улучшении качества атмосферного воздуха. Каждая тысяча машин на газовом топливе создает до 100 новых рабочих мест.

Золотой век метана на транспорте неизбежен!

Экологические классы автотранспортных средств и моторных топлив

Л.А. Гнедова,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

К.А. Гриценко,

научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

Н.А. Лапушкин,

начальник лаборатории ТО АГНКС ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,

С.В. Люгай,

зам. начальника Центра «Использование газа» ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

В.Б. Перетряхина,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

И.В. Федотов,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Совершенствование экологических характеристик автотранспортных средств, в том числе с газовыми двигателями, потребовало оснащения их трехкомпонентными нейтрализаторами и производства моторных топлив с определенными экологическими характеристиками. Основной причиной снижения эффективности работы нейтрализаторов является наличие серы в отработавших газах независимо от того, на каком топливе (бензин, дизельное или газомоторное топливо) работал двигатель. Рассмотрены направления улучшения экологических качеств традиционных моторных топлив и компримированного природного газа.

Ключевые слова: компримированный природный газ (КПГ), экологические классы, содержание серы в КПГ, добавки водорода в КПГ, гайтан, качество КПГ.

Ecological classes of vehicles and motor fuels

L.A. Gnedova, K.A. Gritsenko, N.A. Lapushkin,

S.V. Lyugay, V.B. Peretryakhina, I.V. Fedotov

Improvement of ecological characteristics of vehicles, including with gas engines, demanded equipment them three-componential converters and productions of motor fuels with certain ecological characteristics. The main reason for decrease in overall performance of converters is their «poisoning» with sulfur containing in the fulfilled gases irrespective of on what fuel (gasoline, diesel fuel or gas motor fuel) the engine worked. The directions of improvement of ecological qualities of traditional motor fuels and compressed natural gas are considered.

Keywords: compressed natural gas (CNG), ecological classes, the content of sulfur in CNG, hydrogen additives in CNG, Hythane, quality of CNG.

Экологические проблемы, связанные с использованием традиционного моторного топлива в двигателях транспортных средств, актуальны для всех стран мира. Во многих приняты жесткие требования по экологизации автотранспорта. Первыми тревогу забили США и Япония, где загазованность в крупных городах ощущалась особенно остро. Были законодательно утверждены требования по токсичности выхлопов новых автомобилей, которые периодически пересматривались и ужесточались. Вскоре аналогичные законы были приняты и в странах Европы (табл. 1).

Технологии борьбы с загрязнениями появились в середине 1970 гг., когда был изобретен каталитический нейтрализатор, в котором осуществлялось дожигание оксида углерода до CO_2 . Сегодня это высокотехнологичные автоматизированные системы контроля уровня выбросов.

В Европе в 1988 г. были приняты первые нормы (Евро-0), ограничивающие токсичность выхлопа автомобилей. Одновременно выяснилось, что для эффективной работы нейтрализатора необходимо использовать только качественное неэтилированное топливо, так как содержащийся в бензине тетраэтилсвинец необратимо «отравляет» каталитическую поверхность. Это привело к запрету использования металлосодержащих антидетонационных присадок к топливу.

Таким образом, впервые для снижения токсичности выхлопа автомобилей был применен химмотологический подход, при котором поставленная цель достигалась комплексным совершенствованием технологии нейтрализации отработавших газов (ОГ) и качества топлива.

Очередной этап по разработке и применению альтернативных топлив для улучшения экологии начался в 1992 г., когда в Рио-де-Жанейро состоялась всемирная Конференция ООН по окружающей среде и развитию. Ее главным итогом стала декларация о международном сотрудничестве в области охраны окружающей среды и развития, в том числе в области исследований сберегающих экологию альтернативных топлив. В результате с 1993 по 1999 г. количество вредных веществ в ОГ автомобилей за рубежом снизилось примерно

Таблица 1

**Нормы токсичности выхлопа легковых автомобилей (категория М1)
для развитых европейских стран [1]**

Стандарты	Дата введения	Содержание в выхлопе, г/кВт.ч			
		NO _x	CO	CH	Твердые частицы
Евро-1	1992.01	–	2,72 (3,16)	–	–
Евро-2	1996.01	–	2,2	–	–
Евро-3	2000.01	0,15	2,3	0,2	–
Евро-4	2005.01	0,08	1,0	0,1	–
Евро-5	2009.09	0,06	1,0	0,1	0,005 (DI)
Евро-6*	2014.09	0,06	1,0	0,1	0,005 (DI)

*Ужесточение норм Евро-5 и Евро-6 в основном касается дизельных автомобилей, существенно ограничивая содержание выбросов твердых частиц (сажа) и оксидов азота; DI – двигатели с непосредственным впрыском.

в 2 раза, а всего за последние 40 лет содержание токсичных компонентов в ОГ уменьшилось на 70 %.

Упомянутое соглашение получило отражение в Киотском протоколе (1997 г.), согласно которому промышленные страны обязались сократить до 31 января 2012 г. выбросы парниковых газов (CO₂, CH₄, NO_x и проч.) на 5,2 % по сравнению с 1990 г. Евросоюз планировал сократить выбросы до 8 % к 2010 г. В настоящее время многие зарубежные моторостроительные фирмы взяли курс на решение задачи достижения нулевой токсичности отработавших газов. Опыт показывает, что добиться этого можно только при использовании альтернативных моторных топлив. Именно поэтому практически все перспективные экологически чистые автомобили проектируются под использование альтернативных топлив.

При современном уровне развития техники наиболее эффективным способом снижения токсичности выхлопа является нейтрализация токсичных компонентов ОГ с использованием химических реакций окисления и/или восстановления. С этой целью в выпускную систему двигателя устанавливаются специальный термический реактор (нейтрализатор). На современных автомобилях (в том числе газовых класса Евро-4, Евро-5) для снижения выбросов вредных веществ устанавливаются трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы, которые уменьшают содержание в выхлопных газах CO, CH и NO_x.

Трехкомпонентный каталитический нейтрализатор представляет собой корпус из нержавеющей стали, установленный в систему выпуска до глушителя. В корпусе располагается блок с многочисленными продольными порами, покрытыми тончайшим слоем катализатора, который не вступает в химические реакции, а ускоряет их течение. В качестве катализаторов используются платина и палладий для окисления CO и CH, а родий – для NO_x. В результате реакций токсичные соединения CO, CH и NO_x окисляются или восстанавливаются до углекислого газа, азота и воды.

Практически все страны отказались от применения этилированного бензина, при сгорании которого соединения свинца засоряют катализаторы. По этой же причине в настоящее время экономически развитые страны ограничили содержание серы в моторном топливе: в Европе на уровне 10, в США – 15 мг/кг. Этот уровень содержания серы в моторном топливе и соответственно в отработавших газах обеспечивает достаточный ресурс работы нейтрализаторов. При этом для поверхности катализаторов, на которых откладываются соединения серы, не имеет значения, при сгорании какого топлива образовались эти ОГ (бензин, дизтопливо, КПП или СУГ).

**Экологическая классификация
автомобильной техники в России**

В области нормирования экологических показателей автотранспортных средств (АТС) и двигателей Россия применяет требования Женевского

соглашения 1958 г. Поэтому отечественная нормативная документация в этой области базируется на Правилах ЕЭК ООН.

Основные требования к выбросам вредных веществ автомобилями и двигателями установлены в Правилах ЕЭК ООН № 49 (грузовые автомобили и автобусы), № 83 (легковые автомобили и легкие грузовики), № 96 (дизели сельскохозяйственных и лесных тракторов, внедорожных транспортных средств). Указанные документы периодически пересматриваются, дополняются, модернизируются в рамках рабочей группы по загрязнению воздуха и экономии энергии Комитета по внутреннему транспорту ЕЭК ООН и принимают статус международных стандартов после их принятия Всемирным форумом WP.29.

В России экологическая классификация автомобильной техники в зависимости от уровня выбросов вредных веществ впервые была введена специальным Техническим регламентом от 12.10.2005 г. № 609 «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ». Этот первый специальный ТР обеспечил нормативной базой решение многих вопросов. А именно:

- установил предельно допустимые нормы выбросов в атмосферу для каждого вида и типа АТС;
- ввел понятие «экологический класс автомобиля» в зависимости от уровней вредных выбросов в атмосферу;
- сформулировал требования к топливу, использование которого обеспечивает выполнение соответствующих экологических нормативов;
- установил сроки поэтапного ввода в действие экологических нормативов.

В этом документе дано следующее определение: «экологический класс» – классификационный код, характеризующий автомобильную технику в зависимости от уровня выбросов.

Также дана экологическая классификация автомобильной техники в зависимости от уровня выбросов вредных (загрязняющие) веществ и определены нормативные документы, устанавливающие требования к экологическим

характеристикам автомобильной техники и технические нормативы выбросов (Правила ЕЭК ООН № 83, № 49, № 96).

В приложении № 3 к этому Техническому регламенту впервые были приведены основные технические требования к характеристикам топлива различных классов для автомобильной техники соответствующего им экологического класса.

Экологическая классификация моторных топлив в России

Для сокращения разрыва между европейскими и российскими экологическими требованиями к моторным топливам и их гармонизации постановлением Правительства РФ от 27.02.2008 г. № 118 принят Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и

судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» (введен с января 2009 г.). В этом регламенте требования к характеристикам автомобильного бензина и дизельного топлива были уточнены и приведены в соответствие с европейскими экологическими требованиями к моторным топливам. Он содержит, в частности, следующее требование: «Изготовители (продавцы) автомобильного бензина и дизельного топлива обязаны в информационных материалах, размещенных в местах, доступных для приобретателей, указывать наименование продукции, марку автомобильного бензина или дизельного топлива, экологический класс автомобильной техники, для которой данная продукция рекомендована».

В этом техническом регламенте впервые приведено определение

экологического класса топлива: «экологический класс топлива – классификационный код (К2, К3, К4, К5), определяющий требования безопасности топлива».

Последняя редакция требований к автомобильному бензину и дизельному топливу приведена в Техническом регламенте Таможенного союза (ТР ТС 013/2011) «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 г. № 826).

Переход с одного уровня экологических требований к АТС на другой, более высокий, сопровождается одновременным изменением и ужесточением соответствующих нормативных показателей по экологическим классам для автомобильных топлив (табл. 2, 3).

Таблица 2

Требования к характеристикам автомобильного бензина (Приложение 2 ТР ТС 013/2011)

Характеристики автомобильного бензина	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса				
		К2	К3	К4	К5	
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	150	50	10	
Объемная доля бензола, не более	%	5	1	1	1	
Массовая доля кислорода, не более	%	не определяется	2,7	2,7	2,7	
Объемная доля углеводородов, не более:	%	не определяется	42	35	35	
			олефиновых	18	18	18
Октановое число:	–					
по исследовательскому методу, не менее	ОЧ	80	80	80	80	
по моторному методу, не менее	ОЧ	76	76	76	76	
Давление насыщенных паров:	кПа					
в летний период		35-80	35-80	35-80	35-80	
в зимний период		35-100	35-100	35-100	35-100	
Концентрация железа, не более	мг/дм ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие	
Концентрация марганца, не более	мг/дм ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие	
Концентрация свинца*, не более	мг/дм ³	5	5	5	5	
Объемная доля монометиланилина, не более	%	1,3	1,0	1,0	отсутствие	
Объемная доля оксигенатов, не более:	%	не определяется	1	1	1	
			метанола**	5	5	5
			этанол	10	10	10
			изопропанола	7	7	7
			третбутанола	10	10	10
			изобутанола	15	15	15
			эфиров, содержащих 5 или более атомов углерода в молекуле	10	10	10
			других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210 °С)	не определяется	10	10

* – для Российской Федерации для экологических классов К2, К3, К4 и К5 отсутствие,

** – для Российской Федерации для экологических классов К3, К4 и К5 отсутствие.

Требования к характеристикам дизельного топлива (Приложение 3 ТР ТС 013/2011)

Характеристики дизельного топлива*	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса							
		К2	К3	К4	К5				
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10				
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже:	°С								
для летнего и межсезонного дизельного топлива						40	40	55	55
для зимнего и арктического дизельного топлива									
		30	30	30	30				
Фракционный состав – 95 процентов объемных перегоняется при температуре, не выше	°С	360	360	360	360				
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%		11	11	8				
Цетановое число для летнего дизельного топлива, не менее	ЦЧ	45	51	51	51				
Цетановое число для зимнего и арктического дизельного топлива	ЦЧ	не определяется	47	47	47				
Смазывающая способность, не более	мкм	не определяется	460	460	460				
Предельная температура фильтруемости, не выше:	°С								
летнее дизельное топливо						не определяется	не определяется	не определяется	не определяется
дизельного топлива зимнего **						минус 20	минус 20	минус 20	минус 20
дизельного топлива арктического						минус 38	минус 38	минус 38	минус 38
дизельного топлива межсезонного ***	минус 15	минус 15	минус 15	минус 15					

* – допускается содержание в дизельном топливе не более 7 % (по объему) метиловых эфиров жирных кислот.

** – для Республики Казахстан не более минус 15 °С для экологических классов К2, К3, К4 и К5.

*** – для Республики Казахстан не более минус 5 °С для экологических классов К2, К3, К4 и К5.

Ограничения устанавливаются исходя, во-первых, из требований обеспечения надежной и эффективной работы АТС, включая двигатель и его системы, в том числе топливную и систему каталитической нейтрализации ОГ, во-вторых – из закономерностей влияния состава топлива на организацию рабочего процесса в цилиндре двигателя и его управление, что в итоге определяет состав и интенсивность эмиссии вредных веществ.

К первой группе показателей можно отнести нормирование следующих параметров:

- детонационной стойкости моторного топлива, обеспечивающей работоспособность самого двигателя;
- давления насыщенных паров бензинов, что обеспечивает отсутствие паровых пробок в топливоподающей системе;
- смазывающих свойств дизельных топлив, так как сокращение содержания соединений серы привело к ухудшению антифрикционных свойств;
- содержания серы, фосфора, металлосодержащих антидетонаторов на основе свинца, марганца, железа,

которые, осаждаясь на каталитических поверхностях нейтрализатора ОГ, нарушают его работу.

Оксигенатные добавки к бензинам, пришедшие на смену металлосодержащим антидетонационным присадкам, имеют кислородсодержащие компоненты и применяются для производства высокооктановых бензинов. Наиболее распространенными и широко применяемыми являются: метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ), этанол, а также метил-трет-амиловый эфир (МТАЭ). Однако эти соединения токсичны и нестабильны при длительном хранении, вызывают отложения в топливных системах, поэтому их содержание в топливе ограничено.

По данным ВНИИ НП известно, что в дизельном топливе только при содержании серы выше 500 мг/кг обеспечиваются требуемые смазывающие свойства, необходимые для надежной работы дизельной топливной аппаратуры. Чем меньше сернистых соединений в топливе, тем ниже его смазывающие свойства и хуже работоспособность топливной аппаратуры. Поэтому (см. табл. 3) введен весьма важный нормативный

показатель смазывающей способности дизельного топлива по величине пятна износа трущейся пары (мкм), определяемый по стандартизованной методике. В настоящее время в мировой и отечественной практике требуется обязательное применение противоизносных присадок к дизельным топливам.

Вторая группа показателей ограничивает долю соединений, склонных при сгорании к образованию твердых частиц (сажа) в ОГ.

Для дизельных топлив экологических классов К3...К5 введены повышенные требования к цетановому числу (воспламеняемость):

- для летнего дизельного топлива не менее 51;
- для зимнего не менее 47.

Это обусловлено применением топливной аппаратуры нового поколения, называемой Common Rail (разработчик фирма Bosch). Эта топливная система включает: топливный насос высокого давления (до 150 МПа и выше) с резервуаром-аккумулятором; электронную систему распределения топлива по форсункам с пьезоэлектрической высокоскоростной системой топливоподачи

до трех-пяти подвпрысков рабочего заряда топлива за один цикл. Поэтому, для реализации преимуществ гибкого управления впрыском и обеспечения более полного и эффективного сгорания рабочего заряда необходимо использование дизельного топлива с высокими цетановыми числами.

Экологические требования к газомоторному топливу

Совершенствование экологических качеств газомоторного топлива (КПГ) в настоящее время, как и в случае с традиционным моторным топливом, также идет по двум направлениям:

- ограничения содержания серы для обеспечения достаточного ресурса работы нейтрализатора;
- введения добавок водорода для улучшения сгорания КПГ и снижения токсичности ОГ.

Ограничение содержания серы в КПГ. Состав покрытия трехкомпонентного катализатора ОГ современных газовых двигателей подобран с учетом работы на природном газе, поскольку при неполном сгорании смеси в ОГ остается метан, стойкий к высокой температуре. Наличие серы в горячем значительно снижает эффективность работы таких устройств, так как она способна блокировать зоны активного катализа со слабой возможностью дальнейшей очистки (десульфуризация) последних. При переходе на малосернистое топливо продолжительность работы катализатора всегда возрастает. Для эксплуатации такой техники и обеспечения нормативного срока службы катализатора необходимо газомоторное топливо с содержанием серы не более 10 мг/кг.

В настоящее время экологические требования к газомоторному топливу

сформулированы в следующих нормативных документах, регламентирующих его качество:

- стандарт на КПГ Германии DIN 51624 – с января 2009 г. норма общего содержания серы 10 мг/кг;
- спецификация на качество газового топлива фирмы Cummins CES 20067 (США) – норма общего содержания серы 10 мг/кг;
- Правила ЕЭК ООН № 49 (05), Пересмотр 4 – с 3.02.2008 г. норма общего содержания серы на уровне не более 10 мг/м³ в эталонных газовых топливах GR, G23 и G25.

Перспективные отечественные экологические требования к моторному топливу и нормы предельного содержания серы в нем определены Техническим регламентом Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР ТС 013/2011). Поскольку в эксплуатации находится большой парк автомашин экологического класса 3 (и более низкого), топливо для них будут продолжать выпускать до определенного срока, установленного в ТР ТС 013/2011 (табл. 4).

Для выполнения экологических требований к моторному топливу нормы предельного содержания серы в КПГ должны быть приведены в соответствие с требованиями Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 013/2011. Таким образом, с января 2015 г. содержание серы в моторном топливе не должно превышать 50 мг/кг (класс К4), а с января 2016 г. (К5) – 10 мг/кг. Уже сейчас в России немало АТС класса Евро-4, работающих на КПГ. Для их работы необходимо газомоторное топливо с содержанием серы не более 50 мг/кг.

Таблица 4

Требования к максимально допустимому содержанию серы в дизельном топливе и автомобильном бензине и сроки их нахождения в обороте в РФ

Моторное топливо	Нормы для топлива экологического класса		
	К3	К4	К5
Дизельное топливо массовая доля серы, не более, мг/кг допускается в обороте до	350 1.01.2015	50 31.12.2015	10 Срок не ограничен
Автомобильный бензин массовая доля серы, не более, мг/кг допускается в обороте до	150 31.12.2014	50 31.12.2015	10 Срок не ограничен

Природный газ, поставляемый с северных месторождений РФ, почти на 98 % состоит из метана и имеет содержание серы ниже 10 мг/кг. Газ, поставляемый по газотранспортной системе с некоторых южных месторождений, а также газ из южных стран СНГ по содержанию серы зачастую превышает уровень 50 мг/кг. Однако следует отметить, что после прохождения блока осушки на АГНКС часть соединений серы поглощается адсорбентом.

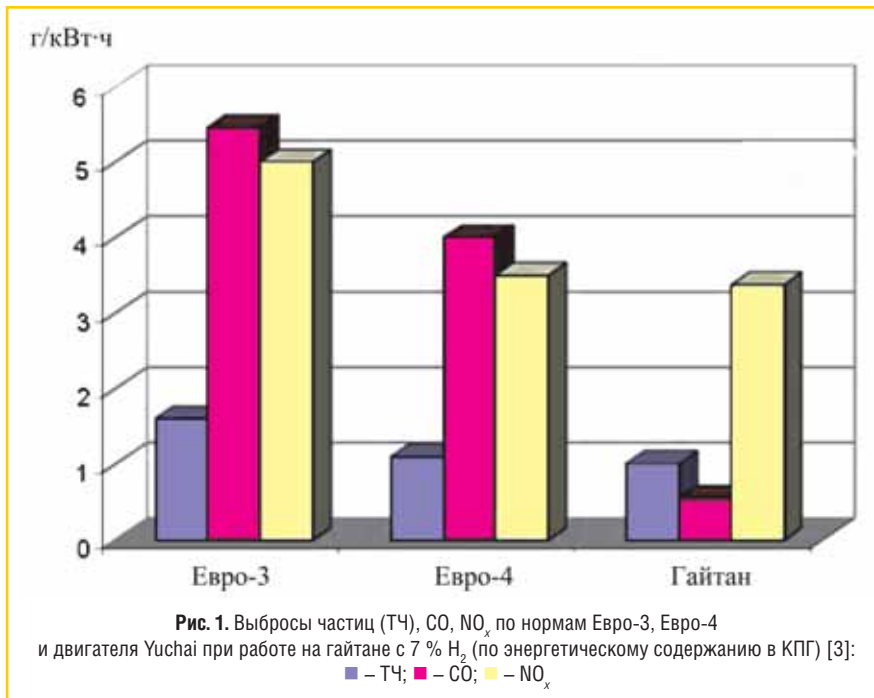
Если промышленная очистка газа от серы обеспечит по РФ ее содержание на уровне 10 мг/кг, то КПГ будет соответствовать по норме общего содержания серы требованиям к моторному топливу класса К5, и дополнительной его очистки от серы на АГНКС не потребуется.

Двигатели современных газовых автомобилей производятся с использованием передовых технологий, и для них требуется высококачественное газомоторное топливо. В числе основных перспективных требований к его качеству следует выделить следующие:

- детонационную стойкость газомоторного топлива с метановым числом (МЧ) не менее 70;
- содержание серы в КПГ не более 10 мг/кг;
- теплотворную способность КПГ 39000...50300 кДж/кг;
- осушку КПГ, обеспечивающую работу газоиспользующей техники без выпадения влаги в жидкой фазе или в виде гидратов;
- отсутствие масла в КПГ.

Последнее требование обусловлено применением газовых инжекторов нового поколения, ориентированных на современные безмасляные технологии компримирования. В газовых инжекторах используются в качестве уплотнительных элементов дозирующих органов эластомеры, ресурс работы которых снижается при попадании масла [2]. В газовых инжекторах первых поколений седла дозирующих органов были выполнены из металла, и небольшое содержание компрессорного масла в КПГ обеспечивало достаточную смазку в паре металл–металл. Кроме того, переход на безмасляные технологии компримирования позволили снизить выброс твердых частиц с ОГ.

Добавка водорода в КПГ. Для улучшения экологических качеств



компримированного природного газа и уменьшения эмиссии токсичных компонентов с ОГ в настоящее время применяют ввод до 5 % (по массе) водорода. Это улучшает воспламеняемость газомоторного топлива и расширяет концентрационные пределы сгорания топливоздушная смеси в цилиндре двигателя. Метан имеет низкую скорость распространения пламени, особенно в бедной топливоздушная смеси, в то время как скорость распро-

странения пламени водорода примерно в восемь раз выше. Для воспламенения водорода требуется примерно в 25 раз меньше энергии, чем для метана.

Смесь природного газа с 20 % по объему водорода (что составляет по массе ≈3%) называется гайтан, она прошла лабораторные исследования на газовых двигателях. Автотранспортные средства, работающие на этой смеси, проходят опытную эксплуатацию во многих странах и подтверждают

существенное снижение эмиссии токсичных компонентов с ОГ при добавках водорода в природный газ.

Одна из причин образования токсичных компонентов в цилиндре двигателя – неполнота сгорания топлива в пристеночной зоне. Из-за высокой теплоотдачи в стенку температура смеси газа и воздуха понижена, а сама смесь плохо перемешана из-за ее низких скоростей вблизи стенки. Ввод добавки водорода, благодаря расширению концентрационных пределов сгорания смеси, приводит к сокращению до пяти раз толщины пристеночной зоны, более полному сгоранию и снижению выхода токсичных компонентов с ОГ.

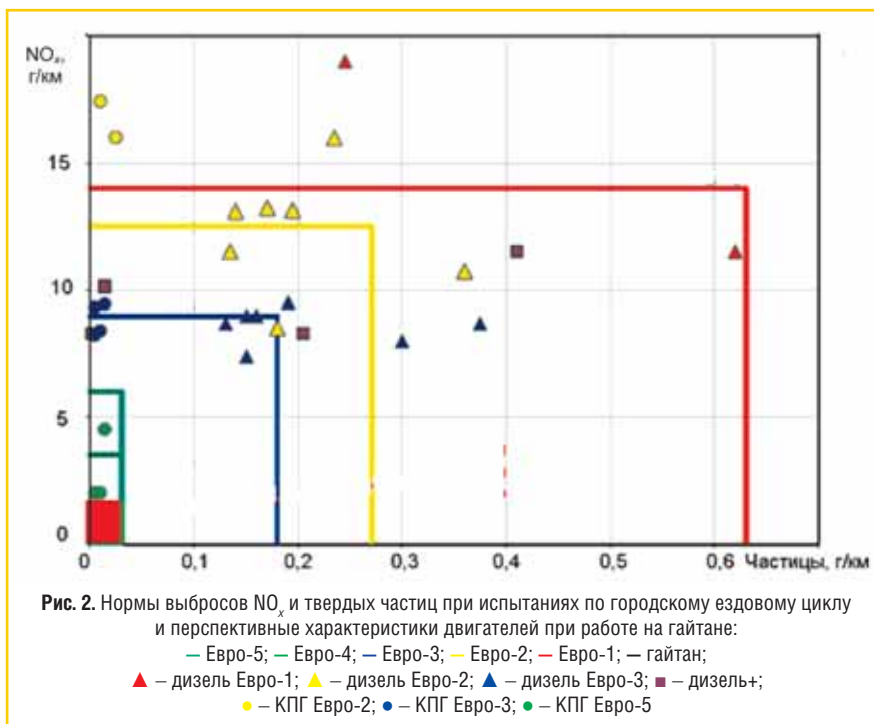
Экспериментальные исследования, проведенные на двигателе Yuchai компанией Hythane Company, занимающейся внедрением гайтана на транспорте [3], показали возможность существенного снижения выброса с ОГ твердых частиц, CO, NO_x при работе на гайтане с 7 % H₂ (по энергетическому содержанию в КПГ). При этом уровень выбросов ОГ двигателя не превышают норм Евро-3, Евро-4 (рис. 1).

Применение гайтана, по мнению Hythane Company, позволит выполнить экологические требования Евро-5 по эмиссии NO_x и твердых частиц при испытаниях по городскому ездовому циклу (рис. 2). Перспективные характеристики двигателей при работе на гайтане – поле, залитое красным [3].

Опыт применения гайтана позволяет считать перспективным направлением совершенствования экологических характеристик КПГ ввод до 5-7 % (по массе) водорода.

Литература

1. Электронный ресурс autoesco.info/misc.php
2. Системные решения Бош по сокращению выбросов CO₂ и других компонентов ОГ. У.Радмахер, Й.Вагнер, Б.Менхер, Ш.Келлер // Журнал Автомобильных Инженеров. – 2011. – № 4 (69). – С. 42-49.
3. Hythane Company LLC Hythane®Tomorrow's low cost, low emission fuel today October 2006. Электронный ресурс / www.edenenergy.com.au/.../20061101%20...



Разработка бинарных топлив для энергетических установок транспортных средств

В.М. Фомин, профессор РУДН, д.т.н.,
Рами Атраш, аспирант РУДН, Ливан

Обсуждается проблема применения двухкомпонентных биоуглеводородных топлив в двигателях транспортных средств. Предложена методика оптимизации компонентного состава топлива.

Ключевые слова: бинарные топлива, энергетическая установка, транспортное средство.

Working out binary fuels for power installations of vehicles

V.M. Fomin, Rami Atrash (Lebanon)

The problem of application two-componential bio hydrocarbon fuels in engines of vehicles is discussed. The technique of optimization of componential structure of fuel is offered.

Keywords: binary fuels, power installation, vehicle.

Постоянно возрастающие проблемы экологической и топливно-энергетической безопасности в сфере эксплуатации транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) стимулируют поиск возможности замены традиционного топлива на биотоплива. Однако, как правило, данный вид моторного топлива по ряду свойств имеет отличия от нефтяного топлива, что может оказать существенное влияние на показатели работы двигателя. Одним из вариантов решения данной проблемы является разработка смесевых двухкомпонентных биоуглеводородных топлив оптимизированного компонентного состава, что позволило бы в наибольшей степени приблизить их моторные свойства к свойствам стандартного топлива. Рассмотрим этот вопрос на примере бинарного топлива для питания дизелей.

С учетом сложного характера влияния биологического компонента в смесевом топливе на такие показатели двигателя как расход топлива и эмиссия вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) задача выбора состава смесевоего топлива для конкретного двигателя должна ставиться как оптимизационная. Известна методика,

предложенная проф. В.А. Марковым [1], которая построена на одном из наиболее эффективных методов оптимизации – методе свертки, при котором обобщенный критерий оптимальности J_0 формируется в виде суммы

$$J_0 = \sum_{i=1}^n a_i J_i, \quad (1)$$

где J_i – частные критерии оптимальности; a_i – весовые коэффициенты.

В качестве частных критериев оптимальности выбраны эффективный КПД двигателя η_e и массовые выбросы нормируемых токсичных компонентов ОГ – оксидов азота NO_x , монооксида углерода CO , несгоревших углеводородов CH .

Однако в рассматриваемой методике при решении оптимизационной задачи из состава частных критериев оптимальности, характеризующих токсичность ОГ, исключен важнейший критерий – эмиссия дисперсных частиц (ДЧ). При оптимизации выбросы сажевых частиц предлагается косвенно учитывать через топливную экономичность [1], что не отражает в полной мере экологические качества рабочего процесса. Известно, что для разных способов организации рабочего процесса дизелей при одинаковом расходе топлива может регистрироваться различный выброс с ОГ частиц.

Среди учтенных в выражении (1) частных критериев оптимальности этому неучтенному критерию – эмиссия дисперсных частиц – принадлежит ключевая роль, так как частицы, в частности, сажевые, содержат мутагены и канцерогены. Поэтому предложенный в работе [1] обобщенный критерий оптимальности, лишенный частного критерия с наиболее высоким весовым коэффициентом, не обеспечивает необходимую адекватность при его применении. Подобный паллиативный подход объясняется тем, что оценка эмиссии дисперсных частиц для последующего использования этих данных при решении оптимизационной задачи затруднена из-за сложности определения выбросов ДЧ в связи с отсутствием соответствующей измерительной аппаратуры.

Полагаем, что выход из подобной ситуации возможен на основе косвенного подхода к оценке выбросов ДЧ с использованием известных методик их пересчета по замеренной дымности ОГ [2], что решает проблему отсутствия аппаратуры для непосредственного измерения частиц. С учетом этого предлагается следующий подход к построению оптимизационной задачи.

Любая методика оценки эффективности использования различных нетрадиционных топлив должна учитывать требования к токсичности ОГ и действующие современные ограничения по выбросам каждого нормируемого токсического компонента ОГ, накладываемые общеевропейскими нормами Правил ЕЭК ООН. Согласно регламентам этих Правил испытания дизелей в зависимости от их назначения проводятся на основе серии отдельных режимов испытательных циклов. В предлагаемой оптимизационной методике для каждого режима

испытательного цикла по замеренной дымности и содержанию в ОГ несгоревших углеводородов предлагается определять концентрацию частиц в ОГ с использованием зависимости [2]

$$C_{\text{дч}} = 0,0023 D + 0,00005 D^2 + 0,145 e_{\text{сн}} + 0,33 e_{\text{сн}}^2 \quad (2)$$

где D – дымность, %; $e_{\text{сн}}$ – концентрация несгоревших углеводородов, г/м³.

По концентрации ДЧ, согласно регламенту этого цикла, может быть определен удельный массовый выброс ДЧ с ОГ для конкретного биодизеля. Предлагаемый вариант уточненной методики решения многокритериальной задачи построен на составлении обобщенного критерия оптимальности, который в преобразованном варианте представлен в виде

$$J_0 = a_{\eta_e} J_{\eta_e} + a_{\text{NO}_x} J_{\text{NO}_x} + a_{\text{CO}} J_{\text{CO}} + a_{\text{сн}} J_{\text{сн}} + a_{\text{дч}} J_{\text{дч}}, \quad (3)$$

где $a_{\eta_e}, a_{\text{NO}_x}, a_{\text{CO}}, a_{\text{сн}}$ и $a_{\text{дч}}$ – весовые коэффициенты частных критериев оптимальности; $J_{\eta_e}, J_{\text{NO}_x}, J_{\text{CO}}, J_{\text{сн}}, J_{\text{дч}}$ – частные критерии оптимальности соответственно по эффективному КПД η_e , выбросам $\text{NO}_x, \text{CO}, \text{сн}$ и ДЧ.

Из выражения (3) видно, что уточненная методика отличается от методики, предложенной в работе [1], тем, что в выражение обобщенного критерия оптимальности включен дополнительный частный критерий оптимальности $J_{\text{дч}}$, который отражает выбросы дисперсных частиц. Таким образом, в новом варианте методики учтены все нормируемые токсичные компоненты ОГ двигателя, что в наибольшей степени повышает уровень адекватности интегрального критерия оптимальности и достоверности методики в целом.

Частные критерии оптимальности, входящие в выражение (3), предлагается определять из соотношений:

$$\begin{aligned} J_{\eta_e} &= \frac{\eta_{e\text{ДТ}}}{\eta_{ei}}; \quad J_{\text{NO}_x} = \frac{e_{\text{NO}_x i}}{e_{\text{NO}_x \text{ДТ}}}; \quad J_{\text{CO}} = \frac{e_{\text{CO} i}}{e_{\text{CO} \text{ДТ}}}; \\ J_{\text{сн}} &= \frac{e_{\text{сн} i}}{e_{\text{сн} \text{ДТ}}}; \quad J_{\text{дч}} = \frac{e_{\text{дч} i}}{e_{\text{дч} \text{ДТ}}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\eta_{ei}, e_{\text{NO}_x i}, e_{\text{CO} i}, e_{\text{сн} i}, e_{\text{дч} i}$ – параметры двигателя, работающего на i -том топливе; $\eta_{e\text{ДТ}}, e_{\text{NO}_x \text{ДТ}}, e_{\text{CO} \text{ДТ}}, e_{\text{сн} \text{ДТ}}, e_{\text{дч} \text{ДТ}}$ – параметры двигателя, работающего на дизельном топливе.

При разработке любого метода оптимизации важным фактором, обуславливающим его достоверность, является принятый принцип выбора весовых коэффициентов, определяемых значимостью того или иного частного критерия. В данной методике значимость частных критериев, характеризующих токсичность, предлагается определять по соответствию конкретного двигателя действующим нормам на токсичность ОГ.

Для реализации установленного принципа выбора весовых коэффициентов предлагается принять $a_{\eta_e} = 1$, а коэффициенты $a_{\text{NO}_x}, a_{\text{CO}}, a_{\text{сн}}$ и $a_{\text{дч}}$ определять в виде отношений действительной эмиссии токсичных компонентов ОГ дизеля, работающего на дизельном топливе ($e_{\text{NO}_x \text{ДТ}}, e_{\text{CO} \text{ДТ}}, e_{\text{сн} \text{ДТ}}, e_{\text{дч} \text{ДТ}}$), к предельным величинам эмиссии, определяемым нормативными требованиями на токсичность ОГ ($e_{\text{NO}_x \text{пр}}, e_{\text{CO} \text{пр}}, e_{\text{сн} \text{пр}}, e_{\text{дч} \text{пр}}$), то есть:

$$\begin{aligned} a_{\text{NO}_x} &= \frac{e_{\text{NO}_x \text{ДТ}}}{e_{\text{NO}_x \text{пр}}}; \quad a_{\text{CO}} = \frac{e_{\text{CO} \text{ДТ}}}{e_{\text{CO} \text{пр}}}; \\ a_{\text{сн}} &= \frac{e_{\text{сн} \text{ДТ}}}{e_{\text{сн} \text{пр}}}; \quad a_{\text{дч}} = \frac{e_{\text{дч} \text{ДТ}}}{e_{\text{дч} \text{пр}}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Сравнительный анализ интегральных показателей по токсичности ОГ и топливной экономичности дизелей, работающих на смесевых топливах, более наглядно проводить с использованием относительного обобщенного критерия оптимальности \hat{J}_0 , который представляет собой отношение критерия J_0 , полученного для данного смесового топлива, к значению этого критерия $J_{0 \text{ДТ}}$, соответствующему работе на дизельном топливе, то есть

$$\hat{J}_0 = J_0 / J_{0 \text{ДТ}}. \quad (6)$$

Оценка топливной экономичности для n регламентированных режимов испытательного цикла (например, согласно Правилам R49 ЕЭК ООН $n = 13$, правилам R96 ЕЭК ООН $n = 8$ и т.д.) проводится по среднеинтегральному за цикл показателю удельного эффективного расхода топлива $g_e^{(n)}$:

$$g_e^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{Ti} k_i}{\sum_{i=1}^n N_{ei} k_i}, \quad (7)$$

где G_{Ti} – часовой расход топлива, г/ч; N_{ei} – эффективная мощность на i -м режиме, кВт; k_i – весовой коэффициент i -го режима.

А эффективность рабочего цикла оценивается по среднеинтегральному за цикл значению эффективного КПД $\eta_e^{(n)}$

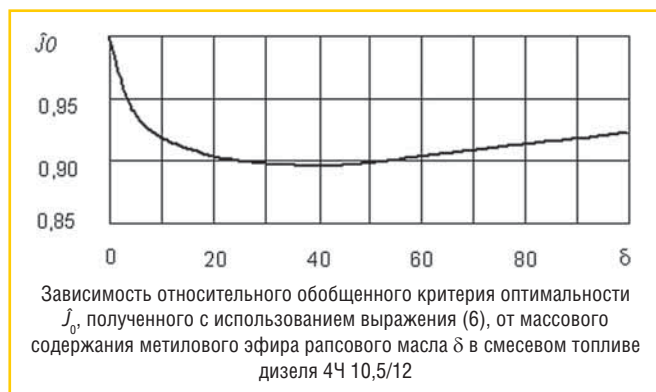
$$\eta_e^{(n)} = \frac{3600}{H_U g_e^{(n)}}, \quad (8)$$

где H_U – низшая теплота сгорания используемого топлива.

Удельный массовый выброс газообразных ВВ и дисперсных частиц e_i по регламенту n -режимного испытательного цикла находился следующим образом. С учетом данных пересчета концентрации дисперсных частиц по замеренной дымности ОГ, по экспериментально замеренным концентрациям C_i (г/м³) газообразных ВВ и по известному расходу ОГ $G_{\text{ОГ}}$ определялся массовый часовой выброс газообразных ВВ и дисперсных частиц для каждого режима испытательного цикла G_i . С учетом полученных данных среднеинтегральный удельный массовый выброс газообразных ВВ и дисперсных частиц e_i по n -режимному циклу испытаний находился по зависимости

$$e_i = \frac{\sum_{i=1}^n G_i k_i}{\sum_{i=1}^n N_{ei} k_i}, \quad (9)$$

где i – текущий режим испытаний; $G_i = C_i G_{\text{ОГ}}$ – массовые выбросы газообразных ВВ и ДЧ для i -го режима испытательного цикла в единицу времени, г/ч; k_i – весовой коэффициент для i -го режима [3]; N_{ei} – мощность дизеля на i -м режиме цикла, кВт.



Таким образом, с учетом целевой направленности предлагаемой методики основная задача оптимизации была увязана с эффективностью рабочего цикла исследуемого биодизеля η_e , а также с нормируемыми экологическими показателями ОГ двигателя e_i , которые в интегрированной форме представляются в виде относительного обобщенного критерия оптимальности J_0 .

Предложенная методика была апробирована применительно к дизелю 4Ч 10,5/12 транспортного средства на базе колесного трактора. Для данного двигателя при оптимизации состава смеси биотоплива эффективный КПД и выбросы токсичных компонентов ОГ рассчитывались по среднеинтегральным значениям этих показателей в соответствии с регламентом 8-режимного испытательного цикла для тракторных дизелей по ГОСТ Р 41.96–2005, аналогу Правила ЕЭК ООН № 96 [3]. Расчеты проведены с использованием приведенных выше выражений.

Биологический компонент смеси топлива выбирался с учетом следующих предпосылок. Результатами предварительного анализа установлено, что практический интерес при эксплуатации дизельной техники представляют смеси дизельного топлива и одного из наиболее перспективных альтернативных топлив – метилового эфира, вырабатываемого из рапса, технология выращивания которого наиболее адаптирована к почвенно-климатическим условиям России. Метилвый эфир рапсового масла (МЭРМ) хорошо смешивается с дизельным топливом, образуя стабильные смеси. Изменением состава такого смеси топлива возможно достижение его приемлемых физико-химических свойств – вязкости, коксуемости, температуры замерзания и др.

С использованием экспериментальных данных по экономическим и экологическим показателям дизеля, работающего на дизельном топливе, а также на его смесях с содержанием МЭРМ в бинарном топливе 10, 20, 40, 60 и 80 %, проведена комплексная оценка эффективности использования указанных топлив (рисунок).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в рамках поставленной задачи при работе дизеля 4Ч 10,5/12 на бинарной смеси наблюдается четко выраженный минимум относительного обобщающего критерия оптимизации в области его значений 0,89. Этой области из

всей выборки рассмотренных вариантов компонентного состава смеси топлива отвечает содержание биологического компонента в диапазоне 35...45 %.

Отметим, что при использовании биологического продукта (МЭРМ) в качестве основного топлива относительный обобщенный критерий оптимальности J_0 превышает уровень этого показателя для бинарного биоуглеводородного топлива с $\delta > 5$ %. Из этого следует, что для обеспечения приемлемого характера протекания рабочего процесса и предельно возможного улучшения экономических и экологических показателей биодизеля МЭРМ как биологический энергоноситель целесообразно использовать не в виде самостоятельного топлива, а в качестве компонента бинарного топлива. Очевидно, что в каждом отдельном случае оптимальное содержание МЭРМ в бинарном топливе будет варьироваться с учетом конкретных особенностей организации рабочего процесса двигателя.

Установлено, что при использовании бинарного топлива, содержащего 40 % МЭРМ, требования норм ГОСТ Р41.96–2005 (Правила ЕЭК ООН № 96) для тракторных дизелей [3] выполняются по всем токсичным компонентам, за исключением выбросов оксидов азота. Этот факт подтверждает известное положение [1, 2] о том, что повышение выбросов NO_x привносится биологической добавкой к дизельному топливу, что обуславливает целесообразность дальнейшего поиска решения данной проблемы.

В целом можно заключить, что предлагаемая методика, построенная на основе поиска обобщенного критерия оптимальности, позволяет интегрально оценить экологические и топливно-экономические показатели двигателя при его работе на бинарных топливах с любыми биологическими компонентами. С учетом сложного, порой неоднозначного характера влияния доли биологической составляющей в составе бинарного топлива на экологические и экономические показатели двигателя методика позволяет выбирать ее оптимальное содержание в топливе для любого дизеля с конкретным способом организации рабочего процесса по условию обеспечения предельно возможного улучшения его показателей.

Литература

1. Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко. – М.: Легион-Автодата, 2008. – 464 с.
2. Парсаданов И.В. Повышение качества и конкурентоспособности дизелей на основе топливно-экологического критерия. – Харьков: Изд. центр НТУ «ХПИ», 2003. – 244 с.
3. ГОСТ Р 41.96–2005 (Правила ЕЭК ООН № 96) Единые предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями. – Введ. 2008.01.01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 108 с.

Электроводородный комплекс на базе ветряного двигателя

Е.М. Кошеляев,

профессор МГТУ (МАМИ), д.т.н.,

Е.М. Овсянников,

профессор МГТУ (МАМИ), д.т.н.,

П.Н. Клюкин, доцент МГТУ (МАМИ), генеральный директор

НОУ «Академия Автомобильных Технологий», к.т.н.

Использование ветряного двигателя для разложения воды в генераторе с постоянными магнитами позволяет значительно удешевить получение водорода в автономных условиях. Для автономного производства водорода предложена высокоэффективная электроводородная установка с магнитным ускорителем ионов и ветряным двигателем.

Ключевые слова: ветряной двигатель, электроводородный генератор с магнитным ускорителем ионов, электроводородная энергия.

Electrohydrogen complex on the basis of the wind engine

E.M. Koshelyaev, E.M. Ovsyannikov, P.N. Klyukin

Use the engine on a wind for decomposition of water in the electrohydrogen generator with a magnet allow essentially cheaper process of reception of hydrogen in independent conditions. For independent production of hydrogen highly effective electrohydrogen generator with the magnetic accelerator of ions and the wind engine is offered.

Keywords: the engine on a wind, electrohydrogen generator with the magnetic accelerator of ions (EHGM), electric power hydrogen.

Развитие человеческого общества убедительно показало, что качество жизни определяется уровнем потребления энергии, четверть которой расходуется на производство электроэнергии. Существует тенденция роста потребляемой энергии с увеличением энерговооруженности и населения планеты. Истощение традицион-

ных ресурсов для производства электроэнергии и мировой кризис в последние годы усилили внимание к возобновляемым источникам энергии. При этом учитывается проблема экологической чистоты производства электроэнергии.

Использование ветряной энергии для электроснабжения достигло значительных масштабов в

Китае, США, Германии и Испании. Мощность ветряных установок в мире достигла в конце 2010 г. почти 20 ГВт, в течение этого года прирост составил около 1,6 ГВт [1]. В Испании доля электроэнергии, получаемой при использовании ветра, достигла 16 %, покрывая 53 % спроса в ветреные дни.

В отмеченных странах главным стимулом использования автономных источников энергии является отсутствие достаточных ресурсов для производства электроэнергии. При огромных масштабах нашей страны подобные источники энергии могли бы решить проблемы энергоснабжения удаленных потребителей.

Одним из серьезных недостатков электроэнергии является невозможность ее хранения в больших количествах (таблица).

Из этих данных следует, что при выработке и распределении электричества только 28 % содержащейся в природных ресурсах энергии поступает потребителю, а при использовании газа – 93 %.

Предлагается хранить получаемую от автономных источников электроэнергию в гидроаккумуляторах или в виде вырабатываемого из воды электролизом водорода [2]. Использование водорода как энергоносителя позволяет решить энергетические проблемы в тесной связи с экологическими. Кислород, получаемый при разложении воды, может использоваться не только как окислитель в энергетике, но и для удаления отходов жизнедеятельности. Особенностью водорода по

КПД энергоснабжения бытового потребителя при сопоставлении электроэнергии и газа

Источник энергии	КПД		
	термический производства энергии	термический транспортирования и распределения энергии	энергоснабжения потребителя
Электроэнергия	0,325	0,86	0,28
Газ	0,97	0,96	0,93

сравнению с традиционным ископаемым топливом является то, что при огромных запасах на Земле водород существует практически только в связанном виде, и его получение требует затрат энергии. Это накладывает ограничения на возможности применения водорода в энергетике.

Для нашей страны особенно актуально снабжение удаленных потребителей электроэнергией и топливом. Весьма привлекательно для решения этой проблемы выглядит использование водорода для обогрева, длительного хранения, использования в виде топлива для автомобилей, работающих на водороде. Эта идея привлекает исследователей уже в течение многих лет. Однако до сих пор многие вопросы остаются нерешенными, наиболее важные из которых – создание инфраструктуры для заправки автомобилей и производство самого водорода.

Затраты энергии для производства водорода сопоставимы с энергией, получаемой от произведенного водорода. Проблема становится решаемой, если для производства водорода использовать возобновляемую ветряную энергию. Наряду с исследованиями компаний Honda, General Motors, Toyota, Ford, BMW, Daimler, Hyundai, Nissan, Volkswagen по созданию водородных автомобилей, многие из них ведут разработки заправочных комплексов, в том числе и с использованием альтернативной энергии: солнечной, энергии ветра (рис. 1). Такие исследования ведутся и в России.

Производство водорода электролизом воды на основе современных технологий оценивается по затратам от 10 до 20 долл./ГДж. Аналогичные цифры дают оценки, полученные для термохимического

производства водорода из воды с использованием энергии высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (ВТГР). В ближайшей перспективе водород, получаемый из воды в процессе паровой конверсии метана с помощью энергии ВТГР, может производиться в стране при затратах ниже 7 долл./ГДж, что эквивалентно стоимости бензина 0,24 долл./л. В настоящее время наиболее рентабельный способ производства водорода – паровая конверсия.

Самая низкая стоимость получения водорода из природного газа – 6...12 долл./ГДж [3], самая высокая при электролизе воды – 40 долл./ГДж. При этом стоимость природного газа сегодня составляет 2,9 долл./ГДж, бензина – 5,25 долл./ГДж. В среднем затраты электроэнергии при электролизе воды 5...10 кВт·ч/м³H₂.

Помимо затрат энергии на получение водорода, необходимо учитывать расходы на его хранение и транспортировку. Если производство водорода из общих расходов составляет 29,2 %, то сжижение водорода – 48 %, хранение жидкого водорода – 10 %, а доставка водорода трубопроводом на 1800 км

– 6 % [2, 4]. Стоимость жидкого водорода в 1,5...2,5 раза выше стоимости газообразного.

Преимущества хранения и транспортировки к потребителю, а также экологическая чистота работающих энергоустановки и двигателей подталкивают конструкторов к более широкому применению водорода. Проблемой является высокая стоимость его получения. Перспективно использовать для этой цели энергию возобновляемых источников.

Известен многолетний опыт Германии – в 1990 г. там было принято решение о проведении исследований перспективной солнечной водородной энергоустановки в г. Нойнбург. Электроэнергия в количестве 39 МВт·ч/год вырабатывается с помощью солнечных батарей, а затем используется для производства водорода из воды с помощью электролизеров [3].

Водород хранится в жидком и газообразном виде и используется для питания автомобилей различного типа. Испытаны различные типы электролизеров и систем хранения водорода, а также автомобили на жидком и газообразном водороде. Проведенные в



Рис. 1. Водородная автозаправочная станция

Германии исследования различных электроводородных установок, средств хранения и использования водорода в течение 13 лет вызвали большой интерес. За это время исследовательский центр в Нойнбурге посетило 130 тыс. человек из 100 стран. Накоплен большой опыт эксплуатации и модернизации установок различного назначения – от систем фотоэлектрического получения электроэнергии до автомобилей, потребляющих полученный водород.

С 1997 г. в Университете прикладных наук в Германии успешно проходила испытания весьма перспективная энергоустановка, состоящая из ветряной установки мощностью 5 кВт, электрогенератора, щелочного электролизера и баллонов для хранения получаемого водорода [5], который сжимается до 2,5 МПа и хранится в баллонах объемом 2,0 м³, заполняющихся за 50 ч (эффективность электролизера 5 кВт·ч/м³Н₂). Достоинством такой установки является возможность хранения получаемого водорода с малыми потерями энергии.

У специалистов фирм Германии имеется большой опыт использования ветряных установок для производства электроэнергии. Известен даже факт, что в ветреную погоду ветряные станции приходится останавливать из-за перепроизводства электроэнергии. Предлагается хранить вырабатываемую ветряными станциями энергию с помощью водорода, который получается из воды после ее электролиза [6, 7].

В работе [8] для получения водорода из воды предложен электроводородный генератор с магнитным ускорителем ионов во вращающемся электролите ЭВГМ. Для разложения воды вместо электростатического поля в электролизерах предлагается использовать

центробежное и магнитное поля. Таким образом, вместо дорогой электроэнергии используется более дешевая кинетическая энергия вращающегося электролита и магнитное поле, в которое помещен вращающийся электролит.

Корпус вместе с электролитом вращается с частотой 3000...9000 мин⁻¹. Магнитная индукция величиной около 1 Тл наводится в электролите постоянным магнитом или электромагнитом (рис. 2). Вращение корпуса ЭВГМ обеспечивается электромотором. Эффективность работы ЭВГМ оценивается $\eta_{\text{ЭВГМ}}=0,5$.

Весьма перспективно для вращения ЭВГМ использовать ветряную установку. Сегодня более 70 % территории России и почти 30 % населения страны не имеют централизованного энергоснабжения, и ветряные установки частично могли бы решить эту проблему.

Достоинством ветряных установок является возможность их работы в самое суровое время года – зимой в отдаленных районах, то есть там, куда трудно доставить так необходимое в это время топливо и электроэнергию. В России, например, компания ЗАО «ВЭК» более 20 лет проектирует и изготавливает ветряные установки WEC-940M5 мощностью 5 кВт для выработки электроэнергии с помощью электрогенераторов [9].

Оптимальными являются конструкции ветряных установок с вертикальной осью вращения. Ротор расположен в направляющем каркасе, который позволяет получить следующие преимущества:

- снижение скорости старта ротора;
- расширение диапазона рабочих скоростей ветроэлектрического генератора;



Рис. 2. Электроводородный генератор с магнитом ЭВГМ:
1 – ротор; 2 – соленоид; 3 – шланг для отвода газа; 4 – рама; 5 – питание электродвигателя; 6 – питание электромагнита

- защиту ротора от шквальных порывов и штормовых скоростей ветра;
- защиту людей и окружающих построек от разлета осколков в случае разрушения ротора;
- устранение эффекта «мерцающей тени», негативно сказывающегося на психике человека;
- снижение шумового фона;
- защиту от случайного контакта птиц с быстро вращающимися деталями ротора;
- повышение надежности ротора, закрепленного на двух разнесенных по высоте опорах.

Однако ветряная установка производит электроэнергию не тогда, когда это нужно, а в зависимости от изменения силы ветра. Трудности хранения электроэнергии известны и пока преодолеваются с помощью аккумуляторных батарей (АБ). Излишнюю электроэнергию хранят в АБ, откуда позднее ее можно забрать с потерями не менее 30 %.

Общая эффективность получения электроэнергии с помощью ветряной установки $\eta_e = \eta_r \eta_g \eta_k = 0,51$ складывается из эффективности

Технические характеристики ветряной установки

Номинальная мощность модуля, кВт.....	5
Максимальная мощность (в зависимости от силы ветра), кВт.....	9
Габаритные размеры (без учета мачты), м	
диаметр.....	5,5
высота.....	1
Высота мачты, м.....	До 15
Масса модуля, кг.....	180
Скорость срабатывания, м/с.....	1,0
Скорость ветра, м/с	
рабочая.....	3...18
безопасная.....	До 35 (с порывами до 50)
Выходное напряжение, В.....	220
Частота, Гц.....	50
Форма сигнала.....	Синусоидальная
Рабочая частота вращения ротора, мин ⁻¹	250...350
Общая эффективность η_e	0,51
Установочная стоимость, долл./Вт.....	2

генератора $\eta_r=0,8$, системы хранения энергии в АБ $\eta_6=0,7$ и преобразования постоянного тока от АБ в переменный с помощью конвертора $\eta_k=0,9$. Общая эффективность получения водорода в электролизере с КПД около $\eta_3=0,4$ снижается до $\eta_{H_2}=\eta_3\eta_e=0,4\cdot0,51=0,2$.

Замена генератора и электролизера на ЭВГМ позволит увеличить эффективность получения водорода до $\eta_{H_2}=\eta_{ЭВГМ}\eta_p=0,5\cdot0,9=0,45$ ($\eta_p=0,9$ – КПД повышающего редуктора) и даст возможность получения в случае необходимости требуемого количества электроэнергии с помощью топливного элемента. Однако топливные элементы пока обладают рядом серьезных недостатков – прежде всего, имеют высокую стоимость (около 3500 долл./кВт) и короткий срок службы (около 5 лет).

В отдаленных районах одни ветряные установки с генератором можно использовать для снабжения электроэнергией, другие – работать для вращения ЭВГМ и выработки водорода. Достоинством автономных энергоустановок ЭВГМ с ветряными установками является

высокоэффективное производство водорода вблизи потребителя. Водород можно использовать для длительного хранения, обогрева помещений, заправки автомобилей и получения электроэнергии при сохранении экологической чистоты.

Более стабильным поставщиком кинетической энергии для ЭВГМ могут служить гидротурбины различной мощности, размещаемые на реках и даже на приливных гидростанциях. ЭВГМ периодического действия могут быть поставлены на паровые и газовые турбины на электростанциях, покрывающих пиковые нагрузки в энергосистеме страны, и в достаточно частые моменты прекращения подачи газа в турбину вырабатывать водород за счет большого момента инерции этих массивных агрегатов.

Использование ветряной энергии для разложения воды в электроводородном генераторе с постоянными магнитами позволяет существенно удешевить процесс получения водорода в автономных условиях. Авторы занимаются исследованиями и разработкой реальных образцов электроводородных генераторов.

Литература

1. Wind hjwer-Wikipedia, the free encyclopededia, may 25, 2012.
2. **Дорош И.А.** Самые мощные проекты возобновляемой энергетики. Аналитический обзор АК 1-2012, итоги–2011. Изд. Института транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг», 2012.
3. Справочник. Водород, свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Под ред. Гамбурга Д.Ю., Дубовкина Н.Ф. – М.: Химия, 1989. – 672 с.
4. The Solar Hydrogen Project of Neunburg vorm Wald, German, <http://www.solar-hydrogen.com>.1996-2011.
5. **Jochen Lehmann, Thomas Lushtinetz and Frank Menz.** The wind – hydrogen-fuel cell chain, The hydrogen Planet, June 9-13,2002, 14th World Hydrogen Energy Conference, Canada.
6. <http://www.Germany Invests in Hydrogen Technology for Renewable Storage, Vehicles> , 2012.
7. [http://www.The Demonstration project RH₂-Werder/Kessin/Altentreptow \(RH₂-WKA\)](http://www.The Demonstration project RH2-Werder/Kessin/Altentreptow (RH2-WKA)), 2012.
8. **Овсянников Е.М., Долбилин Е.В., Кошеляев Е.М.** Электрооборудование автотранспортных средств с тяговыми электроприводами. – М.: Палетип, 2010. – 363 с.
9. ЗАО «ВЭК» Модульная ветряная установка мощностью 5 кВт WEC-40M5, 2010.

Использование альтернативных топлив для генерации тепловой и электрической энергии на действующем оборудовании

В.Г. Демченко,

зав. отделом «Процессов и технологий теплообеспечения»
Института технической теплофизики НАН Украины, к.т.н.

В статье рассмотрены факторы, влияющие на использование биотоплива для получения тепловой и электрической энергии. Предложен способ перевода существующих котлов и печей на сжигание крупнофракционного биотоплива. Приведены результаты компьютерного моделирования и даны практические рекомендации.

Ключевые слова: биотопливо, горелочное устройство, котел, печь, моделирование, эффективность.

Use of alternative kinds of fuel for production of thermal and electric energy on-site

V.G. Demchenko

The factors influencing use of biofuel for reception of thermal and electric energy are considered in the article. The way of transfer of existing boilers and furnaces on biofuel burning is offered. Results of computer modeling are presented and practical advices are given.

Keywords: biofuel, burning, boiler, industrialized furnace, simulation, efficiency.

В последние годы в мире все более активно развивается альтернативная энергетика. Мировые запасы нефти и газа ограничены и ежегодно растут в цене, в связи с чем становятся востребованными альтернативные виды топлива и более эффективные технологии получения теплоты и электроэнергии. За счет внедрения альтернативных и вторичных источников энергии в энергобалансе страны кабинет министров Украины намерен с 2016 г. заменить ими не менее 15 млрд м³ природного газа. Турбины и котлы, работающие на угле, древесине, отходах производства, соломе и подсолнечной шелухе – самых распространенных источниках

биомассы, приобретают общегосударственное значение и становятся все более востребованными.

Однако перевод существующих котлов и печей, рассчитанных на сжигание природного газа, мазута и угля, на использование биотоплива растительного происхождения либо отходов производства вызывает значительные затруднения [1].

Данная работа посвящена разработке способа перевода промышленных печей, паровых и водогрейных котлов, которые широко распространены в инфраструктуре транспортных предприятий, ремонтных заводов автомобильного транспорта и подвижного состава железных

дорог, на сжигание альтернативных топлив.

Постоянно возрастающий интерес предприятий к технологиям, которые используют в виде топлива возобновляемые энергоресурсы, а также доступность получения сравнительно дешевых кредитов под энергосберегающие и экологические проекты неизбежно распространяются и на соответствующее теплоэнергетическое оборудование. Следует отметить, однако, что эта положительная тенденция на практике часто превращается в напрасную трату времени и денег, если не учитываются особенности применения такого оборудования [2].

На выбор складского, транспортно-складского и топочного оборудования влияют фракционный состав, зольность (примеси) и влажность биотоплива. Требуется учитывать калорийность и содержание летучих веществ при газификации. Чем больше влажность и зольность топлива, чем меньше его удельный вес, и чем ниже калорийность, тем больший объем топлива требуется для производства единицы теплоты. Если топливо привозное, то есть не образуется в виде отходов собственного производства, то его транспортировка является дополнительным аргументом для экономического расчета эффективности инвестиций.

Известно, что чем дешевле топливо, тем дороже оборудование для его сжигания. При этом если у современных газовых котлов нормативный КПД составляет 92...94 %, то для твердотопливных котлов он не превышает 75...84 %. Эффективность использования топлива существенно зависит от его подготовки. Снижение уровня влажности и зольности, предварительное брикетирование, использование топливных смесей (например, торф/опилки, уголь/солома и др.) позволяют повысить КПД котлов с 70...75 до 85 %.

Перевод существующего теплоэнергетического оборудования с природного газа на альтернативные топлива связан с установкой системы золоудаления. Так как котлы, работающие на природном газе, расположенные, как правило, на нулевой отметке, создание системы золоудаления без

их демонтажа невозможно. Поэтому наиболее рациональным является применение предтопок и горелок зажато́го слоя (ГЗС) для сжигания крупнофракционного твердого топлива.

Как показали проведенные в Институте технической теплофизики НАН Украины исследования [3], для создания эффективных высокофорсированных топок, позволяющих сжигать отходы производства, биомассу и некачественный уголь, предпочтителен процесс сжигания в зажато́м слое. Принцип сжигания крупнофракционного твердого топлива был предложен В.В. Померанцевым [4]: вертикальный или слегка наклоненный слой твердого топлива находится между двумя колосниковыми решетками, что препятствует выносу крупных фракций топлива и обеспечивает высокое теплонапряжение горения. На этом принципе работают топки скоростного горения конструкции НПО ЦКТИ им. И.И. Ползунова, разработанные для котлов средней и большой мощности. Они используются для сжигания древесной щепы и опилок при зольности не более 1...2 % на сухую массу.

При сжигании в зажато́м слое горение топлива происходит при высоких теплонапряжении зеркала горения и градиенте скоростей окислителя. При сжигании угля это способствует разрушению шлаковой пленки на поверхности высокозольных частиц и их выгоранию. Мелкодисперсный вынос частиц топлива из зажато́го слоя и горючие газы обладают свойством самовоспламенения, поэтому для сжигания почти всех видов твердого топлива

наилучшим является двухстадийный процесс, состоящий из основного горения в зажато́м слое и дожигания газовой фазы с выбросом мелких частиц топлива в режиме самовоспламенения в потоке. Дожи́гание может происходить в топочной камере действующего оборудования.

Двухстадийный процесс позволил создать простые ГЗС для сжигания с высокими скоростями крупнофракционного твердого топлива (древесная щепка, опилки, пеллеты, бытовой мусор, низкосортный уголь и пр.) независимо от его реакционной способности. Размер частиц топлива должен быть в пределах 10...50 мм, влажность до 60 %, зольность – до 10 %.

Исследования показали, что горение в зажато́м слое протекает при температуре более 1000 К, что приводит к выгоранию летучих фракций и коксового остатка. За зажаты́м слоем происходит интенсивное горение газовой фазы, обеспечивающее полноту сгорания до 99 %. Управление горением осуществляется тиристорным регулированием двигателя дутьевого вентилятора.

Горелки зажато́го слоя (рис. 1) для сжигания крупнофракционного твердого топлива могут иметь плоскопараллельную либо осесимметричную схему движения компонентов. При определении рабочего процесса, режимных и аэродинамических характеристик необходимо учитывать физико-химические особенности и кинетические характеристики горения топлива [5-7].

К преимуществам горелок зажато́го слоя можно отнести:

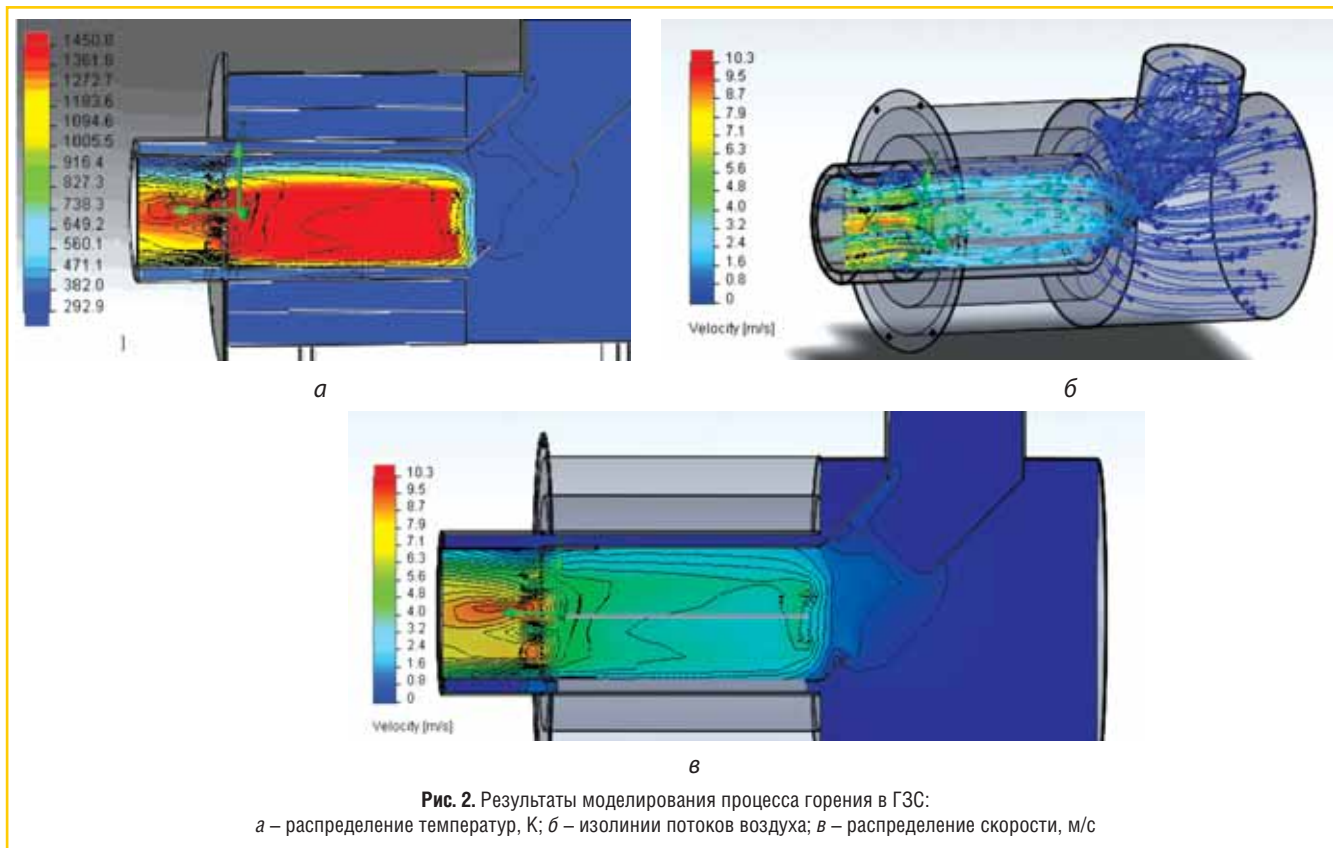
- возможность использования без переоборудования штатной амбразуры котла;
- сжигание любого крупнофракционного твердого топлива;
- простоту конструкции, удобство монтажа и эксплуатации;
- сухое шлакоудаление;
- малые габариты (например, горелка мощностью 360 кВт имеет длину 1205 мм без вентилятора, наружный диаметр 570 мм, высоту до патрубка подачи топлива 683 мм);
- низкую металлоемкость и стоимость.

Сложность аналитической модели горения в зажато́м слое обусловила использование численного моделирования с применением программного продукта COSMOSFloWorks, основанного на соотношениях вычислительной гидродинамики для многокомпонентных сред и двухфазного течения с учетом сложного теплообмена между средой и поверхностью. Турбулентные течения моделировались на основе уравнений Навье–Стокса, которые предварительно усреднялись по Рейнольдсу. Для замыкания полученной системы рейнольдсовых уравнений использовалась k - ϵ -модель турбулентности, где k – кинетическая энергия турбулентности, а ϵ – скорость ее диссипации.

Расчетная область покрывалась сеткой, грани и пересечения которой параллельны осям декартовой системы координат модели в SolidWorks. Поскольку в COSMOSFloWorks используется метод конечных объемов, значения независимых переменных



Рис. 1. Горелка зажато́го слоя мощностью 360 кВт: а – поперечный разрез; б – общий вид; в – горение в ГЗС



рассчитывались в центрах пересечений, а не в узлах расчетной сетки.

На рис. 2 приведены результаты расчета аэродинамики и полей температуры, полученные при моделировании. Эксперимент показал совпадение с результатами моделирования, расхождение не превысило 10 %.

Таким образом, подтверждена правомерность использования результатов численного моделирования тепловых и аэродинамических процессов при конструировании ГЗС различной мощности.

В заключение следует отметить, что горелки зажатого слоя разработки ИТТФ НАН Украины позволяют сжигать любые виды топлива практически независимо от его влажности и теплотворной способности. Проведенное моделирование показало, что полученные результаты тепловых и аэродинамических расчетов можно успешно использовать при конструировании ГЗС различной мощности.

Сроки окупаемости затрат на перевод теплоэнергетического оборудования на альтернативные топлива не превышают 3...18 мес. Например, срок окупаемости переоборудования вращающейся сушильной печи

барabanного типа теплопроизводительностью 350 кВт для сжигания пеллет, изготовленных из отходов переработки семян подсолнечника, составил 9 мес., экономия природного газа – 450 м³/ч.

В настоящее время разработана техническая документация и внедряется ГЗС для работы на отходах столярного производства для парового котла ДКВР-10/13, что позволит

заменить природный газ древесными отходами в объеме 624,82 м³/ч, что составляет 449 870 м³/мес.

Проведено технико-экономическое обоснование перевода трех котлов ТС-35 производительностью пара 50 т/ч каждый с природного газа на древесную щепу путем замены штатных горелочных устройств горелками ГЗС. Срок окупаемости не превышает 18 мес.

Литература

1. **Демченко В.Г.** Практический опыт перевода паровых и водогрейных котлов на альтернативные виды топлива. Технические и экономические проблемы. – Сб. тр. 11-й международной конференции «Инвестиции в энергетику, энергосбережение и экологию», Ялта-Мисхор, 2010. – С. 23-29.
2. **Демченко В.Г.** Техніко-економічні аспекти спалювання крупно-фракційного твердого палива в енергетичних парових котлах. Доклад на 6-й международной конференции «Энергия из биомассы», Киев, 2010.
3. **Чмель В.М., Новікова І.П.** Дослідження процесу спалювання відходів деревини в затисненому шарі та створення дослідного зразка теплогенератора. – Київ: Изд. ИТТФ НАН України, 2000. – С. 55.
4. **Померанцев В.В., Арефьев К.М., Ахмедов Д.Е и др.** Основы практической теории горения. – Л.: Энергоиздат, 1986. – С. 312.
5. **Чмель В.М., Новікова І.П.** Дослідження паливних характеристик відходів біомаси // Відновлювана енергетика. – 2006. – № 4 (7). – С. 107-113.
6. **Лавров Н.В., Шурыгин Д.П.** Введение в теорию горения и газификации топлива. – М.: Энергия, 1972. – 348 с.
7. **Матвеева И.И., Новицкий Н.В., Вдовченко В.С. и др.** Энергетическое топливо СССР: (ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий газ), Справочник. – М.: Энергия, 1973. – С. 128.

Перспективный источник биотоплива – редька масличная

Ю.А. Коцарь,

Саратовский государственный аграрный университет
им. Н.И. Вавилова, д.т.н.,

С.В. Плужников,

Саратовский государственный аграрный университет
им. Н.И. Вавилова, к.т.н.,

Г.А. Головащенко,

Саратовский государственный аграрный университет
им. Н.И. Вавилова, к.т.н.

В статье рассматриваются возобновляемые источники энергии растительного происхождения, в частности, масличная редька, как один из таких источников. Приведены результаты анализа различных биотоплив, которые свидетельствуют о высоких биохимических и энергетических характеристиках биотоплива, полученного из этой культуры.

Ключевые слова: биотопливо, дизельное топливо на основе семян масличной редьки.

Promising source of biofuel – radish oil

Yu.A. Kotsar, S.V. Pluzhnikov, G.A. Golovashchenko

In article are considered renewed sources to energy of the vegetable origin on base vegetable oils, in particular butters radish oil-bearing. The Harvest seeds radish oil-bearing forms 20-30 metric centner per hectare from which is got 7-10 metric centner diesel oil fuel. The Expenses on production 1 litre diesel oil fuel 8-9 roubles do not exceed for internal consumption. Oil-bearing radish is not a food culture, it is used for recovering the fertility of ground.

Keywords: oil-bearing radish, diesel oil on base seeds oil-bearing radish.

Основными потребителями топлива в нашей стране являются транспорт, аграрно-промышленный (АПК) и военно-промышленный (ВПК) комплексы, от нормального функционирования которых зависит экономическая, политическая и продовольственная безопасность России. Российская Федерация находится на одном из первых мест в мире по добыче нефти, однако колебания ее цены на международном рынке однозначно отзываются повышением стоимости дизельного топлива на внутреннем рынке.

Необоснованное и непрерывное увеличение стоимости дизельного

топлива негативно сказывается на всей экономике нашей страны и в первую очередь на продовольственной и военной безопасности. Так, в структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции стоимость топлива уже превышает 30 %, а на транспорте – более 50 %. Последнее обстоятельство не только вызывает автоматическое повышение стоимости продовольствия и нарушения технологии его производства, но и сокращение посевных площадей, поголовья животноводства, а также приводит к банкротству предприятий АПК различных форм собственности.

Сложившаяся тенденция грозит окончательной потерей продовольственной, экономической и политической безопасности страны и полной зависимостью от импорта.

Одним из путей выхода из создавшегося положения является переход на альтернативные источники энергии, имеющие существенно меньшую стоимость в сравнении с традиционными и не зависящие от конъюнктуры внешнего рынка. Наибольшее предпочтение в этом плане можно отдать возобновляемым источникам энергии растительного происхождения, то есть биодизелю на основе растительных масел. Использование биотоплива в качестве альтернативного моторного топлива позволит снизить зависимость от сильно монополизированного и неустойчивого нефтяного рынка и сэкономить средства, столь необходимые в данный период.

Преимущество и перспективы получения биодизеля из возобновляемого растительного сырья и положительные аспекты его использования не вызывают сомнения. Так, в период с 2000 по 2008 г. мировое производство биодизеля выросло в 13 раз. Согласно прогнозам, данная тенденция сохранится и к 2030 г., и мировое производство биодизеля достигнет 150 млн т.

Производство биодизеля во всем мире непрерывно увеличивается, однако повышение численности населения земли вносит свои коррективы – происходит рост стоимости пищевых растительных масел, в том числе рапса, сои и рыжика посевного. Последнее приводит к изменению соотношения цен между исходным сырьем для биодизеля и традиционным топливом.

В настоящее время целесообразность использования биотоплив не так очевидна, как 10-15 лет назад, и требует дальнейших разработок. За период с 2000 по 2008 г. продукты питания подорожали в среднем в 2 раза, а растительные пищевые масла в 3,6 раза. Отчасти это объясняется повышением цены на дизельное топливо, которое используется, кроме

	МЭРапсМ	МЭПМ	МЭКМ	МЭЛМ	МЭРедМ
Плотность при 21°C, кг/м ³	884	881	881	888	877
Вязкость при 21°C, мм ² /с	7,44	6,45	6,91	5,66	7,41
Температура, °С помутнения застывания	0 -8	0 -7	0 -7	-3 -9	+3 -12
Йодное число, г I/100 г топлива	56,34	52,82	56,34	65,15	52,35
Разгонка, °С:					
Н.к.	160	159	152	220	159
10 %	236	260	244	320	312
20 %	258	290	298	316	326
30 %	269	294	302	322	329
40 %	270	304	306	322	328
50 %	269	286	306	322	331
60 %	268	286	306	322	330
70 %	205	288	303	320	327
80 %	180	284	295	280	314
85 %	185	270	285	244	302
90 %	182	230	253	262	282
К.к.	170 (92%)		212 (95%)		208 (95%)

Примечание. Метилловые эфиры: МЭРапсМ – рапсового масла; МЭПМ – подсолнечного масла; МЭКМ – кукурузного масла; МЭЛМ – льняного масла; МЭРедМ – масла масличной редьки.

прочего, при возделывании масличных культур и их транспортировке, но в значительной степени является следствием дисбаланса цен между спросом и предложением нефти и сельскохозяйственной продукции. Мировой производственный кризис 2010 г. вновь внес свои коррективы в данный вопрос, стоимость пищевых растительных масел в течение года возросла в среднем в 2 раза, в том числе рапса, сои, рыжика посевного, который культивируется в России.

Использование биодизеля становится экономически нецелесообразным даже для внутреннего потребления. Например, стоимость 1 т рапсового масла можно приравнять к стоимости 2...3 т дизельного топлива, 1 т масла рыжика посевного – к 4...5 т дизельного топлива. Следовательно, необходимы новые источники сырья, которые не имеют пищевой ценности, но имеют низкую себестоимость или являются побочным продуктом сельскохозяйственного производства.

Одним из таких возобновляемых источников является редька масличная. В настоящее время эта культура малоизвестна даже для агрономов. Это – однолетнее растение

семейства крестоцветных, сильно развесистое и раскидистое, высотой 1,5...2 м с цветками бело-фиолетовой окраски, холодостойкое, засухоустойчивое, теневыносливое и урожайное. Масличная редька не является пищевой культурой и относится к сидератам, которые используются для восстановления плодородия почв. Урожай зеленой массы составляет 40...60 т/га, по своим питательным качествам он превосходит такое же количество вносимого навоза. Благодаря короткому вегетационному периоду за 1 год можно получить 2-3 урожая. Культура очень холодостойкая, растет и цветет до конца октября, что позволяет производить посев после уборки основных культур и получить урожай зеленой массы или семян. Урожай семян составляет 20...30 ц/га, из которых получается 7...10 ц биодизеля. Масличная

редька – низко затратная культура, ее выращивание не представляет никаких проблем.

Результаты проведенных анализов биотоплива из масла масличной редьки свидетельствуют о ее высоких биохимических и энергетических характеристиках (таблица). Система питания дизельных двигателей при использовании биотоплива из редьки не требует конструктивных изменений. Затраты на производство 1 л биодизеля для внутреннего потребления не превышают 8-9 руб.

Масличная редька очень пластичная культура, хорошо приспосабливается практически ко всем видам почвенно-климатических условий, переносит засуху. Благодаря быстрому росту подавляет сорняки (даже пырей), обладает фитосанитарными свойствами – уничтожает возбудителей болезней ряда растений и нематоды. За способность разрыхлять почву (корневая система стержневого типа проникает в почву на глубину до 2 м, разрыхляя при этом даже плужную подошву) масличную редьку называют биологическим плугом.

Фитосанитарные, разрыхляющие и сидератные свойства масличной редьки являются важнейшими факторами при введении в севооборот заброшенных и пустующих земель сельскохозяйственного пользования, поскольку использование традиционных способов введения их в севооборот (многократная пахота и дискование, обработка пестицидами и гербицидами) сопряжено со значительными затратами. А комплексный подход к использованию таких культур, как масличная редька, способен не только снизить себестоимость биодизеля, и но получить дополнительный эффект при минимальных затратах.

Литература

1. <http://www.abercade.ru>. Глобальное сравнение национальных потенциалов по производству биодизеля. MATT JOHNSTON AND TRACEY HOLLOWAY. Center for Sustainability and the Global Environment University of Wisconsin, Madison, 1710 University Ave., Wisconsin 537262.

2. <http://agrogold.ru>. Биодизель, производство биодизеля, получение биодизеля.

ГЕЛИЙМАШ – технологический прорыв

В.Н. Удут,

генеральный директор ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», к.х.н.

ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», ведущее предприятие криогенной отрасли России, по заказу ОАО «Газпром» и ООО «Газпром добыча Оренбург» разработало и изготовило первую отечественную криогенную транспортную гелиевую цистерну ЦТГ-40/0,45 объемом 40 м³, которая является ключевым элементом логистической системы поставок жидкого гелия в России и зарубежных странах.

Ключевые слова: криогенная техника, криогенное емкостное оборудование, криогенная контейнер-цистерна, жидкий гелий.

Geliymash technological breakthrough

V.N. Udut

JSC «PO Geliymash» – leading Russian cryogenic enterprise and its experience in building of the first domestic helium container for helium transportation in Russia and abroad.

Keywords: cryogenic equipment, cryogenic tanks and vessels, cryogenic container, liquid helium.

Первая отечественная криогенная транспортная гелиевая цистерна ЦТГ-40/0,45 объемом 40 м³, которая является ключевым элементом логистической системы поставок жидкого гелия по России и в зарубежные страны, была разработана и изготовлена ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», ведущим предприятием криогенной отрасли России, по заказу ОАО «Газпром» и ООО «Газпром добыча Оренбург».

Гелий – стратегически важный газ, используемый в высокотехнологичных производствах, оборонной отрасли, энергетике, научной и исследовательской работе по изучению фундаментальных свойств материи. Значимость гелия обусловлена его уникальными физическими свойствами, в том числе температурой его кипения –269 °С.

ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ» называют первопроходцем криогеники в России – со времен создания Московского завода гелиевого машиностроения прошло 80 лет. На примере НПО

наглядно прослеживается история формирования отрасли от небольших воздухоразделительных установок до промышленных гелиевых ожижителей.

Сегодняшняя номенклатура продукции НПО «ГЕЛИЙМАШ» достаточно широкая и включает в первую очередь оборудование для получения технических газов, в том числе гелия. Гелиевая тематика – традиционное базовое направление. Подавляющее большинство криогенных гелиевых установок для научных и промышленных центров страны выпущено нашим обществом.

Объединенный институт ядерных исследований (г. Дубна), Институт физики высоких энергий (г. Протвино), Институт физических проблем им. П.Л. Капицы (г. Москва), Институт атомной энергии им. И.В. Курчатова (г. Москва), Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера (г. Новосибирск), РКК «Энергия» (г. Королев) – далеко не полный перечень организаций, где эксплуатируется

криогенное оборудование производства ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ».

В 1980-1995 гг. ОАО «Газпром» и ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ» реализовали крупномасштабные российские технологии по выделению, очистке и ожижению гелия на Оренбургском гелиевом заводе. Сегодня крупнейший в Европе гелиевый завод имеет три ожижителя гелия КГУ-500, изготовленные ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», общей производительностью 2000 л/ч. Фактическое производство – до 10,0 млн л/год жидкого гелия – покрывает до 30 % потребности европейского рынка гелия.

Перспективные масштабные задачи по освоению гелийносных месторождений Якутии и Восточной Сибири, кроме разработки соответствующего масштабного оборудования по выделению, очистке, сжижению и транспортировке гелия, требуют создания национальной гелиевой программы, объединяющей ведущие отечественные машиностроительные предприятия. Это необходимо для разработки и изготовления следующего оборудования:

- крупногабаритных криогенных колонн выделения этана и технологического ожижения метана производительностью по сырью 3 и/или 5 млрд м³/год;
- крупногабаритных криогенных спиральных витых теплообменников массой намотки от 40 до 100 т;
- установок тонкой очистки гелиевого концентрата и получения товарного газообразного гелия единичной производительностью 750...850 м³/ч;
- крупных ожижителей гелия единичной производительностью 1000...1200 л/ч;
- крупных стационарных криогенных хранилищ жидкого гелия единичной вместимостью 120 м³;
- контейнер-цистерн вместимостью 40 м³ для транспортировки жидкого гелия автомобильным и морским транспортом, которые являются ключевым элементом логистической системы поставок жидкого гелия во всем мире.

Контейнер-цистерны особенно актуальны для России с ее высоким

потенциалом гелийных месторождений и значительным удалением центров переработки природного газа и получения жидкого гелия от объектов их потребления. Ориентировочно для экспорта только 1 млн м³/год гелия потребуется пять-шесть таких контейнер-цистерн.

Именно поэтому ОАО «Газпром» и ООО «Газпром добыча Оренбург» поручили ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ» – ведущему предприятию криогенной отрасли – создание современной отечественной криогенной транспортной гелиевой цистерны ЦТГ-40/0,45.

Перед Обществом были поставлены очень сложные и многосторонние задачи:

- конструктивные с большим объемом прочностных и тепловых расчетов;
- технологические с разработкой и изготовлением уникальных технологических приспособлений и стенов, приобретением и освоением передового оборудования, отработкой режимов сварки, монтажом азотного экрана, изоляцией, окончательной сборкой цистерны; особая гордость разработчиков – стеклопластиковые опоры и подвесы серпового типа, выдерживающие единичную нагрузку до 40 т;
- производственные с изготовлением крупногабаритных обечаек с минимальными отклонениями по цилиндричности и соосности элементов, а также высоконагруженных комpositных элементов подвеса.

Помимо прочего, работы осложнялись особенностями крупногабаритных изделий, конструкция которых предполагает минимальные зазоры между составными частями емкости при малой жесткости элементов и большой длине. Так, при длине конструкции 12 м и диаметре 2,4 м зазор между кожухом и изоляцией не должен превышать 7 мм.

Первая отечественная гелиевая цистерна была создана в соответствии с мировыми стандартами качества.

миру наравне с гелиевыми цистернами зарубежных производителей.

С появлением отечественной гелиевой цистерны газоперерабатывающий комплекс России может выстраивать инфраструктуру производства и поставок жидкого гелия на собственной элементной базе, что должно сказаться на общем уровне затрат и стоимости продукта – жидкого гелия.

Кроме прочего, машиностроительная криогенная отрасль получает дополнительный импульс развития

Техническая характеристика

Объем гелиевого сосуда, м ³	40,0
Масса заливаемого гелия, кг	4500
Испарение жидкого гелия, кг/ч (%/сут), не более	1,13 (0,54)
Бездренажное время удержания гелия, сут, не менее	30
Вместимость азотного сосуда, м ³	1,5
Масса заливаемого азота, кг	1200
Испарение жидкого азота, кг/ч, не более	1,5
Время испарения всего азота, сут, не менее	33
Габаритные размеры, мм	
длина	12192
ширина	2438
высота	2591
Масса, кг	
порожней цистерны	18500
заправленной цистерны	24200

На гелиевом заводе в Оренбурге на базе предприятия «КРИОР», ожигательные гелиевые установки которого также изготовлены ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», проведены успешные испытания цистерны ЦТГ-40/0,45 с заливкой жидким гелием. Предварительно цистерна успешно и в полном объеме прошла испытания в соответствии с правилами Российского морского регистра судоходства, что обеспечивает возможность ее транспортировки по всему

высокотехнологичного производства, освоения новых передовых технологий и материалов. Задействуются новые производственные мощности, появляются рабочие места, решаются проблемы занятости, подготовки высококвалифицированных кадров, социальных гарантий, повышается престиж отечественного машиностроительного комплекса на международном рынке, что особенно важно в условиях вступления России в ВТО.



Вакуумирование изоляционной полости ЦТГ



Цистерна ЦТГ-40/0,45 перед транспортными испытаниями

Проектирование и расчет электромагнитных форсунок двигателей с принудительным воспламенением

В.И. Ерохов,
профессор Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), д.т.н.

Разработан метод расчета электромагнитных форсунок современных двигателей. Изложены основные положения предложенного метода. Рассмотрен механизм формирования управляющих сигналов в микропроцессорных системах управления двигателей. Приведена конструктивная схема электромагнитной форсунки современного двигателя. Проанализированы временные фрагменты осциллограмм переходных процессов электромагнитной форсунки. Разработана принципиальная схема формирования управляющих импульсов электромагнитной форсунки. Приведены расчетно-аналитические и экспериментальные результаты исследований электромагнитной форсунки.

Ключевые слова: электромагнитная форсунка, принципиальная и конструктивная схема электромагнитной форсунки, метод проектирования и расчета электромагнитной форсунки, система управления, эффективность разработанной электромагнитной форсунки.

Designing and calculation of electromagnetic atomizers of engines with compulsory ignition

V.I. Erokhov

The method of calculation of electromagnetic atomizers of modern engines is developed. Substantive provisions of the offered method are stated. The mechanism of formation of operating signals in microprocessor control systems of engines is considered. The constructive scheme of an electromagnetic atomizer of the modern engine is resulted. Time fragments of oscillograms of transients of an electromagnetic atomizer are analysed. The basic scheme of formation of operating impulses of an electromagnetic atomizer is developed. Settlement-analytical and experimental results of researches of an electromagnetic atomizer are resulted.

Keywords: an electromagnetic atomizer, the basic and constructive scheme of an electromagnetic atomizer, a method of designing and calculation of an electromagnetic atomizer, a control system, efficiency of the developed electromagnetic atomizer.

Существующие аналитические методы для расчета конструкций электромагнитных форсунок (ЭМФ) современных двигателей недостаточно эффективны. Экспериментальные методы не позволяют в полной мере использовать современные технологии их проектирования.

Рассмотрим в обобщенной форме методологию проектирования и расчета ЭМФ современных ДВС. Электромагнитная форсунка (рис. 1) представляет собой быстродействующий клапан для дозированной подачи топлива в цилиндры двигателя.

Форсунка состоит из корпуса 7 с размещенной в нем катушкой электромагнита 9 с выводами, выходного патрубка 1, якоря 4, размещенного в сердечнике 19, и нагруженной пружины 18, расположенной со стороны входного штуцера 15.

Запирающий конус 23 перемещается в корпусе 21 клапана в вертикальном направлении при минимальных боковых зазорах, обеспечивающих подачу топлива. Ход конуса ограничивается упором 6. Магнитопровод форсунки содержит катушку 9, на корпусе которой размещена латунная или медная обмотка. Выводы обмотки сообщены с внешним электрическим разъемом 11. Обмотка электромагнита форсунки одним выводом 10 через главное реле системы или реле топливного насоса подключена к положительной клемме аккумулятора, вторым – к блоку управления. Электронный блок подключает ее к массе автомобиля, замыкая цепь питания.

В обесточенном состоянии запирающий конус 23 дозатора (распылитель) прижат пружиной 18 к его седлу. При подаче импульса тока на обмотку электромагнита электрическое поле, преодолевая сопротивление пружины 18, приподнимает запирающий конус 23 на 0,1 мм над седлом распылителя, и топливо поступает через образовавшийся калиброванный кольцевой зазор 22. Якорь 4 электромагнита вместе с запирающим

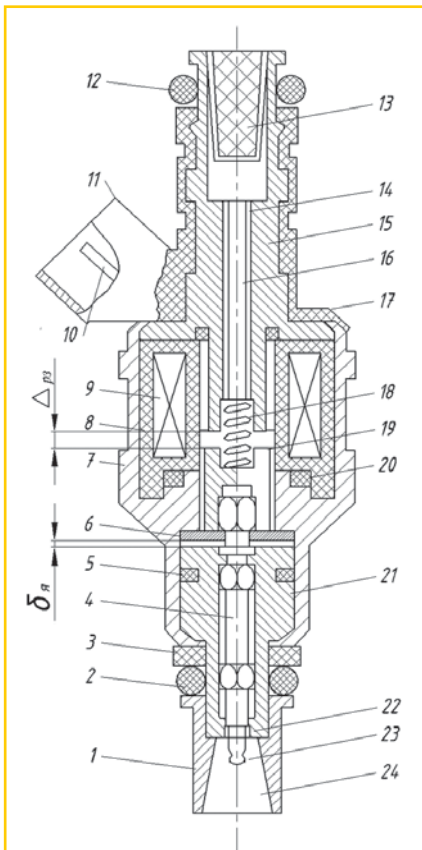


Рис. 1. Принципиальная схема электромагнитной форсунки бензинового двигателя с электронным управлением: 1 – патрубок; 2, 12 – резиновое уплотнительное кольцо; 3 – уплотнительная шайба; 4 – якорь электромагнита; 5, 20 – уплотнитель; 6 – ограничительная шайба; 7 – корпус; 8 – изолятор; 9 – катушка электромагнита; 10 – электрический контакт; 11 – электрический разъем; 13 – топливный фильтр; 14 – топливная трубка; 15 – штуцер; 16 – топливный канал; 17 – крышка; 18 – пружина; 19 – сердечник; 21 – корпус клапана дозатора; 22 – калиброванный зазор; 23 – запирающий конус; 24 – полость

конусом 23 в процессе работы колеблется с высокой частотой. Сопротивление обмотки электромагнита находится в пределах 2...16 Ом. Наибольшее распространение получили ЭМФ с коническим уплотнением клапана, обеспечивающим в процессе эксплуатации необходимые топливно-экономические показатели.

Воздушные зазоры ЭМФ, оказывающие заметное влияние на электротехнические параметры и технико-эксплуатационные показатели, могут быть определены по формуле [1, 2]

$$\Delta_{\text{рз}} = \Delta_{1\text{рз}} + \Delta_{2\text{рз}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{1\text{рз}}$ – начальный рабочий зазор, м; $\Delta_{2\text{рз}}$ – конечный рабочий зазор, м.

Конструктивный параметр (КП) разработанной электромагнитной форсунки может быть определен по следующей зависимости

$$\text{КП} = 1 \cdot 10^{-3} \sqrt{P_3 / \delta_{\text{я}}}, \quad (2)$$

где P_3 – тяговое усилие электромагнита, Н; $\delta_{\text{я}}$ – перемещения якоря электромагнита, м.

На первом этапе P_3 выбирают ориентировочно по разработанной номограмме.

Ход якоря электромагнита в общем виде может быть представлен зависимостью

$$\delta_{\text{я}} = \Delta_{1\text{рз}}. \quad (3)$$

Сложные переходные процессы в ЭМФ моделировали на специальной установке [1]. Эффективность ЭМФ в целом определялась согласованностью тяговой и механической характеристик. Тяговая характеристика – это зависимость электромагнитного усилия P_3 от перемещения $\delta_{\text{я}}$ якоря, механическая – зависимость противодействующей силы $P_{\text{м}}$, обусловленной действием пружины и силой тяжести, от перемещения якоря.

КП форсунки позволяет по специальной номограмме выбирать диаметр якоря, наружный и внутренний диаметры электромагнита, параметры катушки электропривода (длина, высота, сопротивление и диаметр обмотки катушки). На завершающем этапе из расчета ЭМФ определяют жесткость пружины и электротехнические параметры электромагнита [3, 4].

Тяговое усилие электромагнита (магнитодвижущая сила) может быть представлено зависимостью

$$P_3 = (\mu_0 \varphi^2 F_3^2 S) / 2\delta_{\text{я}}^2, \quad (4)$$

где μ_0 – магнитная постоянная Гн/м; φ – поправочный коэффициент; F_3 – магнитодвижущая сила катушки, А; S – площадь уплотнительного пояса якоря, м².

Полная магнитодвижущая сила катушки электромагнита \mathcal{F} может быть определена по формуле

$$P_3 = (\omega U_3) / R_3, \quad (5)$$

где ω – число витков катушки электромагнита; U_3 – напряжение, В; R_3 – сопротивление катушки электромагнита, Ом.

В идеальном случае время открытого состояния клапана ЭМФ соответствует продолжительности импульса тока, поступающего на обмотку электромагнита. Развиваемое усилие электромагнита пропорционально магнитному потоку в его сердечнике.

Магнитный поток в магнитопроводе ЭМФ достигает максимального значения не мгновенно, а через расчетный промежуток времени

$$\tau_{\text{max}} = (4...5) L_{\text{ЭМФ}} / r_{\text{ЭМФ}}, \quad (6)$$

где $L_{\text{ЭМФ}}$ – индуктивность обмотки электромагнита форсунки, Гн; $r_{\text{ЭМФ}}$ – активное сопротивление обмотки форсунки, Ом.

Быстродействие разработанной ЭМФ определяется жесткостью возвратной пружины, массой запирающего элемента и индуктивностью обмотки. В разработанной ЭМФ применены две цепи электронного управления. Для быстрого открытия клапана форсунки использована первая (форсирующая) обмотка, по которой течет ток большой силы для преодоления силы инерции запирающего конуса ЭМФ и силы сопротивления пружины.

Для удержания клапана ЭМФ в открытом состоянии ток большой силы не требуется, и управление электромагнитом переходит на удерживающую цепь с большим сопротивлением, обеспечивая четкое срабатывание ЭМФ и ее низкую тепловую напряженность.

Временные осциллограммы переходных процессов, происходящих в электрической и механической частях форсунки, приведены на рис. 2. Выбранная форма и длительность управляющего импульса представлены осциллограммой напряжения 1. Частота следования прямоугольных импульсов напряжения современного бензинового ДВС, зависящая от частоты вращения КВ, числа цилиндров

и катушек зажигания, может быть определена следующим образом:

$$f_{\text{имп}} = \frac{n z_{\text{цил}}}{30kz}, \quad (7)$$

где n – частота вращения КВ двигателя, мин^{-1} ; $z_{\text{цил}}$ – число цилиндров двигателя; k – тактность двигателя; z – число катушек зажигания.

Ток, проходящий через обмотку ЭМФ, после ее срабатывания изменяется по экспоненциальному закону (кривая 2), что обусловлено нечетким

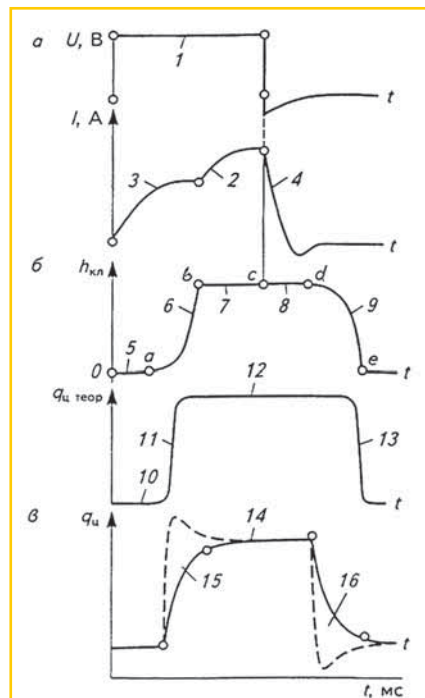


Рис. 2. Осциллограммы переходных процессов, происходящих в электрической и механической частях форсунки за время t :

a – напряжение и ток в обмотке; $б$ – высота перемещения (открытия) клапана; $в$ – цикловые подачи (теоретическая $q_{\text{ц теор}}$ и фактическая $q_{\text{ц}}$); 1 – напряжение; 2-4 – импульс тока; 5 – закрытое положение клапана; 6 – движение клапана; 7 – открытое состояние клапана; 8 – задержка открытого состояния клапана; 9 – обратный перелет клапана; 10 – задержка цикловой подачи топлива; 11 – линия начала цикловой подачи топлива; 12 – теоретическая подача топлива; 13 – теоретическое снижение подачи топлива; 14 – фактическая подача топлива; 15 – область увеличения цикловой подачи топлива; 16 – область снижения цикловой подачи топлива; 0 – закрытое положение клапана; точки: a – начало движения клапана; $б$ – окончание движения клапана; $с$ – окончание импульса тока; d – начало обратного движения клапана; e – окончания движения клапана

характером отпускания клапана во времени (кривая 4), а затем и недостаточно точным дозированием топлива. На токовой осциллограмме (кривая 2) точка, соответствующая точке $б$ – время срабатывания $t_{\text{сраб}}$, – определяет момент упора клапана в седло.

В процессе работы ЭМФ сначала срабатывает электромагнит. Во время переходного процесса от начального положения 0 к конечному положению $б$ (рис. 3) электромагнит в течение времени $t_{\text{тр}}$ остается неподвижным, а затем смещается на величину, соответствующую точке $б$ на оси $h_{\text{кл}}$. В первоначальный момент срабатывания электромагнита ток в его обмотке достигает величины $I_{\text{сраб}}$, обеспечивая равенство электромагнитной силы и сил, противодействующих движению сердечника. Продолжительность срабатывания $t_{\text{сраб}}$, в течение которой ток нарастает до $I_{\text{сраб}}$, зависит от схемы включения обмотки в систему управления, условий ее питания, параметров электромагнита и его нагрузки. Для одного и того же электромагнита при различной нагрузке продолжительность срабатывания будет различной.

После окончания действия управляющего импульса магнитный поток исчезает не сразу. Усилие, обеспечивающее притягивание якоря к сердечнику, уменьшается постепенно. На частотах 500 Гц и выше время срабатывания и время отпускания электромагнита не зависят от продолжительности импульса тока в обмотке и являются управляемыми временными параметрами, заложенными конструктивно. Магнитный поток из-за наличия индуктивности катушки достигает своего максимума через некоторое время после приложения напряжения к обмотке электромагнита.

В разработанной ЭМФ клапан открывается и закрывается не одновременно с началом поступления и окончанием управляющего импульса подачи тока, а с некоторым запаздыванием.

Общая продолжительность срабатывания ЭМФ соответствует началу подачи импульса до полного открытия ЭМФ. При подаче напряжения на выводы катушки якорь задерживается на месте (клапан закрыт), так как в этом случае ток не достигает необходимой силы. После снятия напряжения ток падает не мгновенно. Пружина и поток топлива помогают движению клапана, повышая быстродействие ЭМФ. Продолжительность от момента поступления управляющего импульса до полного закрытия ЭМФ называют временем отпускания. Задержка срабатывания форсунки сопровождается уменьшением расхода топлива, а увеличение продолжительности отпускания клапана – избытком его подачи.

Конструктивно между якорем управляющего электромагнита и топливным запирающим узлом существует жесткая связь, поэтому временная диаграмма срабатывания однозначно связана с динамикой электромагнитной части форсунки.

Продолжительность циклового впрыска ЭМФ можно представить уравнением

$$t_{\text{цв}} = t_{\text{имп}} - (t_{\text{тр1}} + t_{\text{дв1}}) + (t_{\text{тр2}} + t_{\text{дв2}}), \quad (8)$$

где $t_{\text{имп}}$ – длительность электрического управляющего импульса, мс; $t_{\text{тр1}}$ и $t_{\text{тр2}}$ – время трогания затвора при открытии (запаздывание начала движения) и закрытии (время зависания), мс; $t_{\text{дв1}}$ и $t_{\text{дв2}}$ – время движения затвора при открытии и закрытии, мс.

Продолжительность переходных электротехнических процессов в зависимости от момента приложения напряжения к обмотке электромагнита до начала движения якоря называется временем начала запаздывания движения (отрезок 0– a). На перелет якоря из положения, соответствующего закрытому клапану, в открытое положение $б$ требуется определенное время, называемое временем перелета якоря (отрезок a – $б$). Под временем

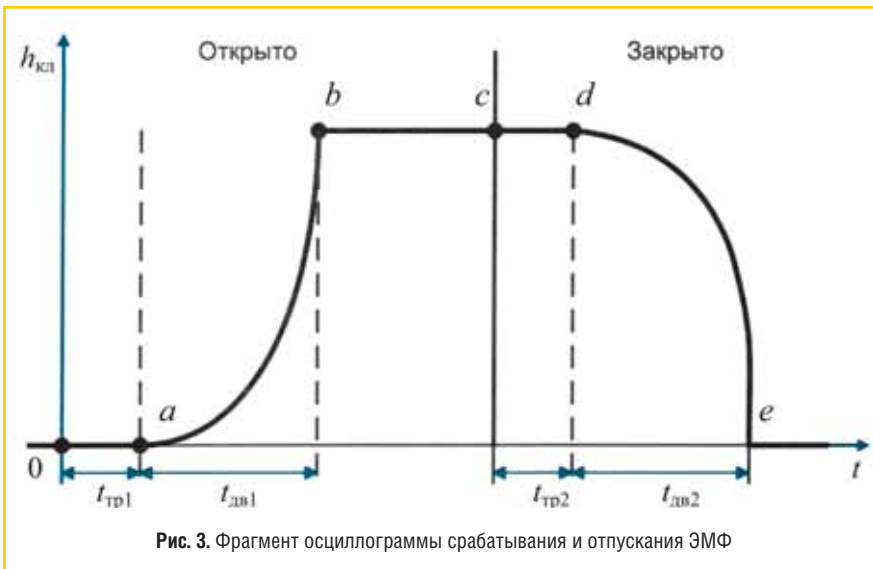


Рис. 3. Фрагмент осциллограммы срабатывания и отпускания ЭМФ

срабатывания (отрезок 0–b) электромагнита понимается сумма времени начала движения и времени перелета якоря (время движения).

Выключение тока в обмотке сопровождается задержкой магнитного потока в сердечнике электромагнита. Усилие, притягивающее якорь к сердечнику электромагнита, не сразу достигает значения, при котором начинается обратный перелет якоря.

Время уменьшения усилия от максимального значения до величины, воздействующей на якорь со стороны запорной пружины, представляет собой время зависания – время запаздывания закрытия (отрезок c–d). Время обратного перелета якоря (отрезок d–e) соответствует времени отпускания электромагнита, продолжительность управляющего импульса – отрезку 0–c, а время отпускания клапана – отрезку c–e. Быстродействие ЭМФ характеризуется управляемой продолжительностью открытия и закрытия затвора.

В общем виде продолжительность срабатывания (отпускание) можно представить формулой

$$t_{cp} = t_{tp} + t_{дв}, \quad (9)$$

где t_{tp} – время трогания, измеряемое от момента подачи (снятие) напряжения на электромагнит до момента начала движения клапана дозатора с якорем электромагнита, с; $t_{дв}$ – время

движения клапана дозатора вместе с якорем электромагнита из закрытого состояния в открытое (или наоборот), с.

Неуправляемая продолжительность открывания (срабатывание) клапана включает время трогания и прямого движения [3, 4]

$$t_{окл} = t_{0a} + t_{ab}. \quad (10)$$

Неуправляемая продолжительность закрытия (отпускание) включает время задержки закрытия клапана и обратного его движения [3, 4]

$$t_{зкл} = t_{cd} + t_{de}. \quad (11)$$

Продолжительность срабатывания и отпускания электромагнита – управляемые временные параметры – не зависят от величины импульса тока в обмотке, а существенно зависят от конструкции и материала магнитопровода (наличие вихревых токов в нем), массы подвижных частей ЭМФ, трения при перемещении этих частей, а также соотношения индуктивного и активного сопротивлений цепи форсунки и амплитуды тока, управляющего работой электромагнита. При закрытии форсунки скачок обратного напряжения достигает 60 В. Экспериментально эти величины определяют по точкам излома кривых тока и напряжения в обмотке ЭМФ, наблюдаемых на экране осциллографа.

Продолжительность трогания электромагнитного клапана может быть представлена зависимостью

$$t_{tp} = \frac{L_{кэ} \delta_y \ln \left(\frac{1}{1 - I_{tp} / I_y} \right)}{R}, \quad (12)$$

где $L_{кэ}$ – индуктивность катушки электромагнита постоянного тока, зависящая от числа ее витков, Гн; R – активное сопротивление катушки электромагнита, Ом; I_y – установившийся ток в катушке электромагнита, А; I_{tp} – ток трогания клапана дозатора с якорем электромагнита, А.

Магнитный поток достигает максимального значения через некоторое время после приложения напряжения к обмотке электромагнита. Нарастание магнитного потока сопровождается увеличением силы притяжения якоря электромагнита к сердечнику магнитопровода.

Продолжительность движения клапана дозатора с якорем электромагнита можно в первом приближении определить из уравнения равноускоренного движения этих деталей

$$t_{дв}^2 = \frac{\delta_{я\max}}{50a}, \quad (13)$$

где a – ускорение клапана дозатора с якорем электромагнита, м/с².

Ускорение клапана дозатора с якорем электромагнита зависит от действующих на них сил и их массы

$$a = \frac{P_m - P_d}{m}, \quad (14)$$

где P_m – усилие электромагнита, Н; P_d – усилие, возникающее в результате перепада давлений на входе и выходе дозатора, Н; m – масса клапана дозатора с якорем электромагнита, кг.

Усилие от перепада давлений на входе и выходе дозатора равно

$$P_d = (p_{вх\max} - p_{вх\min}) S, \quad (15)$$

где $p_{вх\max}$ – максимальное давление на входе дозатора, Па; $p_{вх\min}$ – минимальное давление на выходе дозатора, Па; S – площадь уплотнительного пояса якоря, м².

Из формул (13-15) получим усилие электромагнита

$$P_m = \frac{0,02 \delta_{я\max} m}{t_{дв}^2} + (p_{вх\max} - p_{вх\min}) S. \quad (16)$$

Если задать время срабатывания дозатора $t_{cp} = 2,0$ мс и принять соответственно $t_{тр} = 1,0$ мс и $t_{дв} = 1,0$ мс, то можно сформулировать требования к основным элементам дозатора. В формуле (12) при $I_{тр} / I_y < 0,3$ (реально для быстродействующих электромагнитов $I_{тр} / I_y$ еще меньше) значение натурального логарифма будет 0,5 и менее. Следовательно, для электромагнита дозатора должно выполняться условие

$$\frac{L_{кз} \delta_y}{R} < 0,002 \text{ с.} \quad (17)$$

Преобразуя уравнение (15), получим усилие, развиваемое электромагнитом ЭМФ,

$$P_m = 0,02 \delta_{я \max} m + (p_{вх \max} - p_{вх \min}) S. \quad (18)$$

Усилие электромагнита пропорционально величине магнитного потока в его сердечнике. Магнитный поток из-за наличия индуктивности катушки достигает максимального значения через некоторое время после приложения напряжения к обмотке электромагнита.

Управляющим параметром ЭМФ является продолжительность открытого ее состояния. Изменение жесткости возвратной пружины не оказывает существенного влияния на дозирование. Количество подаваемого топлива определяется длительностью электрического импульса, поступающего от ЭБУ на обмотку ЭМФ. Частота срабатывания дозатора, равная частоте следования тактов впуска двигателя, обеспечивает необходимую равномерность распределения горючей смеси по цилиндрам. Период следования импульсов t управления дозатором четырехтактного двигателя может быть представлен зависимостью

$$t = \frac{1}{f_{\max}}, \quad (19)$$

где f_{\max} – максимальная частота срабатывания дозатора для четырехтактного двигателя, с^{-1} .

Продолжительность срабатывания дозатора должна быть на порядок меньше периода следования импульсов его управления. Быстродействие форсунки обеспечивается подбором электромагнитного привода. Сердечник электромагнита имеет продольные прорези, уменьшающие вихревые токи. Эффективность работы ЭМФ характеризуется скважностью импульсов, то есть соотношением продолжительности открытого и закрытого ее состояния.

К важнейшим гидравлическим характеристикам ЭМФ относятся статическая и динамическая производительности. Статическая производительность характеризуется количеством топлива, проходящим через ЭМФ в единицу времени при заданном давлении и полном открытии клапана.

$$g_o = Q_{цт} / t_{цв}, \quad (20)$$

где $Q_{цт}$ – цикловая подача топлива при полной мощности, см^3 ; $t_{цв}$ – продолжительность впрыскивания, мин.

Цикловая подача топлива ЭМФ в зависимости от длительности и формы электрического управляющего импульса может быть определена по следующей зависимости

$$Q_{цт} = \mu_\phi f_\phi t_{цв} \sqrt{2/\rho_\tau} \sqrt{p_{cp}}, \quad (21)$$

где $\mu_\phi f_\phi$ – площадь эффективного сечения дозирующего отверстия форсунки, см^2 ; p_{cp} – средний перепад давления на дозирующем отверстии между входом (давление в рампе) и выходом форсунки (впускной трубопровод), Па; ρ_τ – плотность топлива, $\text{кг}/\text{см}^3$; $t_{цв}$ – время открытого состояния форсунки (впрыск), с.

В уравнении (21) величины $\mu_\phi f_\phi$, ρ_τ и p_{cp} являются постоянными, поэтому топливоподачей управляют путем изменения продолжительности управляющего импульса, подаваемого на обмотку ЭМФ.

Динамическую производительность ($\text{мм}^3/\text{цикл}$) определяют путем подачи на форсунку серии импульсов с заданным периодом $t=10$ мс (частота импульсов 100 Гц) и заданной контрольной длительностью, которую выбирают на режиме холостого хода (импульс XX). Расходную характеристику строят по нескольким точкам. Большая часть зависимости цикловой подачи от длительности импульса имеет линейный характер, но в начале и в конце она теряет линейность. Для форсунки разработанной конструкции достаточно использовать по одной точке статической и динамической характеристик.

Нелинейность характеристики определяет скважность – отношение длительности импульсов $t_{имп}$ к периоду их следования t , выраженное в процентах. При $t_{имп} = 5$ мс и $t=10$ мс скважность равна 50 %. Нелинейный участок начинается не при больших длительностях импульса, а при больших скважностях, то есть когда между окончанием предыдущего импульса и началом следующего остается слишком мало времени. Клапан просто не успевает нормально закрыться, и происходит подача лишнего топлива. ЭМФ остается полностью открытой не только при скважностях, равных 100 %, но и меньших, близких к ним. Изменение $t_{имп}$ в этих пределах не приводит к изменению цикловой подачи, то есть форсунка становится неуправляемой.

Если увеличить усилие возвратной пружины, то время срабатывания

Продолжительность одного оборота КВ

Параметр	Частота вращения КВ, мин^{-1}									
	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000
Продолжительность, мс одного оборота КВ	100	50	33	25	20	16	14	12	11	10
одного такта	50	25	16,5	12,5	10	8	7	6	5,5	5

возрастет, а время отпущения уменьшится. Регулируя жесткость пружины, можно управлять фазированной подачей топлива. Разница между минимальным и максимальным потреблением воздуха современным двигателем постоянно увеличивается, что сопровождается уменьшением частоты вращения на режимах ХХ, а также увеличением числа оборотов при максимальной мощности и принудительной подачи воздуха нагнетателями.

Важным направлением является увеличение кратности подачи ЭМФ, достигаемой путем сокращения времени срабатывания/отпущения. Оптимальным является уменьшение сопротивления катушки электромагнита, позволяющее увеличить ток в обмотке и скорость его нарастания, то есть существенно уменьшить время торможения якоря с клапаном. Разработанная низкоомная ЭМФ на более перспективна для современных ДВС.

Повышение циклового расхода топлива связано с увеличением продолжительности управляющего импульса. Увеличение частоты вращения КВ двигателя сопровождается возрастанием импульса впрыска. Целесообразно проанализировать возможность увеличения длины импульса на основе одного импульса за оборот КВ двигателя (таблица).

Продолжительность одного оборота КВ при максимальной частоте вращения показывает возможность увеличения длительности управляющего импульса. Анализ продолжительности одного такта ДВС позволяет правильно понять и организовать работу современной форсунки.

Чтобы форсунки не потеряли управляемость при максимальных цикловой подаче и частоте вращения КВ двигателя, между управляющими импульсами должна быть пауза продолжительностью не менее времени отпущения $t_{отп}$. Максимальная продолжительность управляющих импульсов может быть определена как

$$t_{и\max} \leq t_{мин} - t_{отп} \quad (22)$$

Чтобы форсунка не потеряла управляемость при минимальной цикловой подаче, минимальная продолжительность управляющих импульсов должна быть равна или больше времени срабатывания клапана:

$$t_{и\min} \geq t_{ср} \quad (23)$$

Время задержки открытия и закрытия ЭМФ находится в диапазоне 1,5...1,2 мс. Задержка срабатывания клапана составляет 1 мс, продолжительность открытого состояния – 2...5 мс в зависимости от необходимого количества топлива, напряжение системы привода форсунки – 4 В.

Дискретность приводит к неравномерности распределения топлива по длине впускного трубопровода. При любых схемах впрыска

$$\psi = \frac{t_{цт}}{t_{КВ}} \quad (24)$$

где $t_{цт}$ – время подачи топлива, мс; $t_{КВ}$ – продолжительность одного оборота КВ, мс.

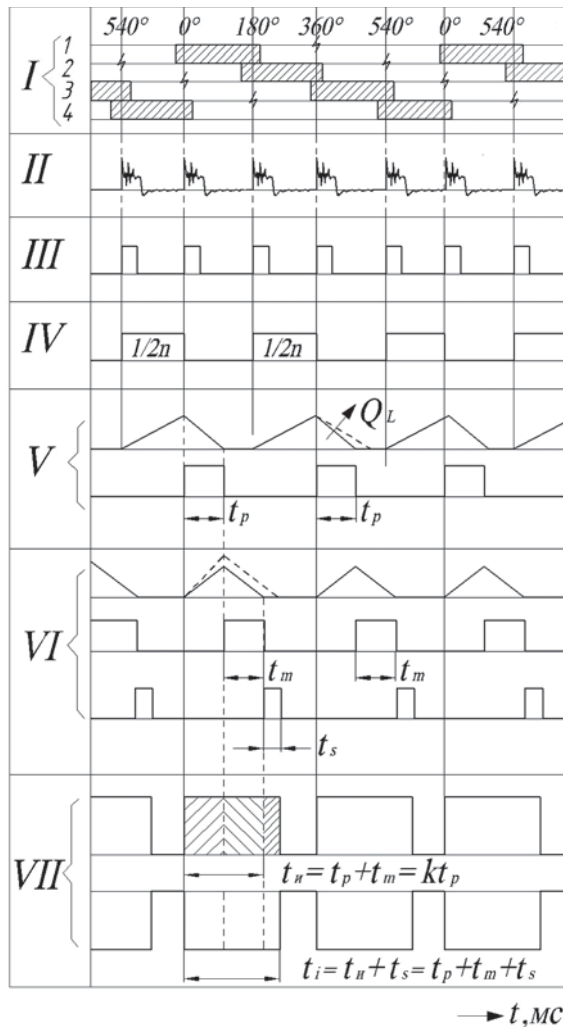


Рис. 4. Принципиальная схема формирования импульсов, управляющих работой электромагнитных форсунок (верхняя шкала – ° ПКВ):

I – номера цилиндров двигателя; *II* – электрические сигналы; *III* – формирователь импульсов; *IV* – делитель частоты вращения КВ; *V* – мультивибратор, управляющий делением импульсов; *VI* – переменнотонающее звено; *VII* – усилитель (конечный каскад); *n* – частота вращения КВ двигателя; Q_L – цикловой расход воздуха; t_p – длительность импульса цикловой подачи воздуха за период зарядки конденсатора; t_m – длительность импульса цикловой подачи воздуха за период разрядки конденсатора; t_s – временная коррекция импульса; t_n – длительность импульса подачи воздуха; t_i – длительность импульса подачи топлива; k – коэффициент перемножения; – продолжительность открытия впускного клапана двигателя; – момент подачи искры зажигания

Принципиальная схема формирования импульсов, управляющих работой ЭМФ, приведена на рис. 4.

Электрические сигналы II проходят формирователь импульсов III, обеспечивающий получение от поступающего сигнала импульсов прямоугольной формы, которые приходят на делитель частоты IV, позволяющий получить два импульса. Начало подачи импульса соответствует началу впрыска топлива форсункой.

Формирователь III импульсов соединен электрической цепью с делителем IV частоты вращения КВ двигателя и мультивибратором V, управляющим делением импульсов. Перемножающее звено VI обеспечивает изменение ширины импульса, а конечный каскад (усилитель) VII – усиление выходного каскада.

Импульс t_p мультивибратора V содержит информацию, относящуюся к одному ходу поршня двигателя. Перемножающее звено VI обеспечивает обогащение горючей смеси при пуске и прогреве двигателя, а также при работе на холостом ходу и полной его нагрузке.

Продолжительность управляющего импульса определяет базовое количество топлива, впрыскиваемого за такт впуска без учета каких-либо корректирующих факторов. Чем больше поступает количество воздуха при каждом такте, тем длиннее базовая продолжительность впрыскивания. Импульсы t_p далее поступают на вход каскада умножения длительности, принцип работы которого аналогичен принципу работы управляющего мультивибратора. Наряду с увеличением ширины импульсов на отдельных режимах осуществляется также коррекция по времени t_s , компенсирующая изменения быстродействия электромагнитов форсунок, обусловленные колебаниями напряжения в сети. В ширину полученного импульса уже входит вся информация о потребности двигателя в топливе. Этот импульс шириной t_u приводит

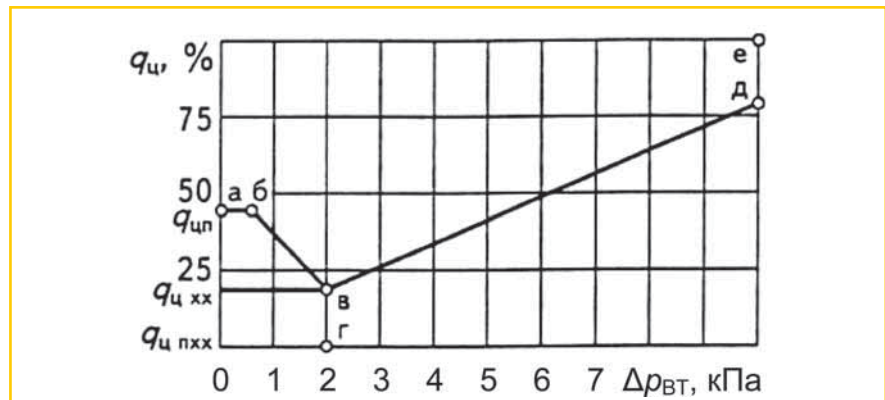


Рис. 5. Зависимость цикловой подачи топлива от абсолютного давления в ВТ: а-б – пусковая цикловая доза; б-в – прогрев двигателя; в-д – основной рабочий режим; д-е – максимальная цикловая доза; в-г – режим ПХХ

в действие конечный каскад, непосредственно управляющий впрыскиванием топлива

$$t_u = t_p + t_m \quad (25)$$

Перемножающее звено VI осуществляет обогащение горючей смеси, необходимое при пуске и прогреве двигателя, на холостом ходу и при полной нагрузке. В каскаде умножения длительности формируется и импульс t_s , продолжительность которого является функцией напряжения в бортовой сети автомобиля. Длительность результирующего импульса t_i , управляющего работой электромагнитных форсунок, равна общей продолжительности впрыска

$$t_i = t_u + t_s = t_p + t_m + t_s \quad (26)$$

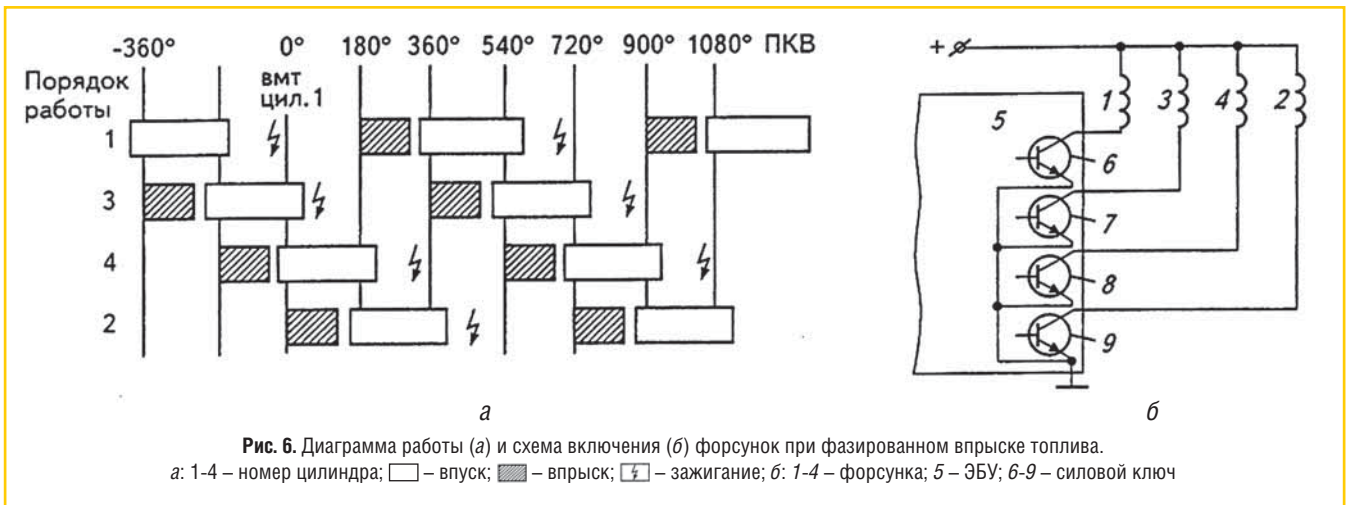
Продолжительность начала подъема якоря $t_{рп} = 1,4$ мс, время прямого перелета составляет 0,6 мс, полное время срабатывания $t_{ср} = 2$ мс, время зависания составляет 1,3 мс, время обратного перелета – 0,6 мс, а время отпускания – 2 мс. Цикловая подача зависит от длительности управляющего импульса. Поле разброса цикловой подачи ЭМФ при малой длительности управляющего импульса должно быть $\pm 3,5\%$, а при больших $\pm 2,5\%$.

Расчет базового времени t_i для систем впрыска содержит исходную информацию в виде матрицы, занесимой в программное запоминающее устройство (ПЗУ) электронного блока управления. ЭБУ получает от датчиков информацию о частоте вращения

КВ n , нагрузке двигателя Q и находит в ПЗУ соответствующие им оптимальные значения длительности импульса t_i . При отличии одной из входных переменных Q и n от дискретных значений, записанных в ПЗУ, ЭБУ выполняет интерполяцию. После определения t_i ЭБУ корректирует базовую величину.

Базовая продолжительность впрыскивания адаптируется к различным условиям работы каскадом умножения в ЭБУ. Этот каскад управляется делителем с помощью импульсов продолжительностью t_p . Он накапливает информацию о различных режимах двигателя (запуск холодного двигателя, прогрев, полная нагрузка и др.), на основе чего вырабатывается корректирующий коэффициент k , умножаемый на базовую продолжительность t_p , вычисленную мультивибратором управления делением. Полученное время t_m добавляется к базовой продолжительности впрыскивания t_p , то есть продолжительность впрыскивания увеличивается, а смесь обогащается.

Параметр t_m называют коэффициентом обогащения. В холодную погоду форсунки впрыскивают топлива в 2 раза больше в начале периода прогрева. Наряду с увеличением ширины импульсов осуществляется коррекция по времени t_s , компенсирующая изменения быстродействия электромагнитов форсунок, обусловленные колебаниями напряжения в сети.



Для обеспечения соответствующей дозы $Q_{цв}$ при разных режимах длительность и форма электрического управляющего импульса будут зависеть от характеристик переходных процессов ЭМФ

$$t_{имп} = t_{цв} - t_{тр1} + t_{тр2}. \quad (27)$$

Экономичная регулировка ($\alpha=1,10...1,15$), обеспечивающая минимальный удельный расход топлива, соответствует режиму работы двигателя на частичных нагрузках (рис. 5, участок в-д). На режимах

полных нагрузок система питания должна обеспечивать состав смеси, соответствующий мощностной регулировке ($\alpha=0,8...0,9$), что вызывает необходимость увеличения цикловой подачи топлива. Мощностной режим работы двигателя (участок д-е) характеризуется малым давлением в впускном трубопроводе (ВТ), то есть близким к давлению окружающей среды.

На режимах принудительного холостого хода (ПХХ) минимальный

расход топлива и снижение выброса ВВ обеспечивают отключением подачи топлива (участок в-г). На режимах полных нагрузок необходимое наполнение цилиндров поддерживают дополнительными корректирующими элементами.

Для бесперебойной работы двигателя при резком открытии дроссельной заслонки предусмотрены устройства, позволяющие увеличивать цикловую подачу, а также средства регулирования подачи топлива на режимах пуска и прогрева двигателя (участок а-в-г).

Момент подачи управляющего импульса на форсунку каждого цилиндра увязывается с моментом открытия впускного клапана в этом цилиндре и даже может изменяться в зависимости от режима работы двигателя. Подобная схема (рис. б) требует более совершенного блока управления, обеспечивающего лучшие характеристики работы двигателя на неустановившихся режимах.

В современных двигателях масса топлива, поступающая в цилиндр, рассчитана исходя из условий наполнения ДВС воздухом. Испытанные форсунки обладают оптимальными расходными характеристиками. При нарушении характера протекания расходных характеристик необходимо переписывать управляющую программу. Ресурс работы ЭМФ

Основные параметры разработанной электромагнитной бензиновой форсунки

Статическая производительность, г/с	19
Время запаздывания, мс	
открытия клапана	1,5
закрытия клапана	1,0
Рабочее давление, МПа	0,3
Угол конуса распыливания, градус	40
Напряжение питание ЭМФ от бортовой сети, В	8...16
Потребляемый ток, А	4
Кратность цикловых подач, %	16
Сопротивление обмотки при температуре +20 °С, Ом	2,5±0,05
Частота срабатывания, Гц	Не менее 250
Тип клапанной пары	Метал-метал
Максимальный расход, кг/ч	Не менее 7,5
Погрешность измерения массового расхода воздуха, %	Не более ±1,0
Диапазон рабочих температур, °С	-40...100
Линейность характеристики цикловой подачи при длительности импульса 2 мс, %	± 2,5

оценивается в 100 тыс. км пробега автомобиля или 360 млн циклов, она легко ремонтируется с минимальными финансовыми и временными затратами.

Таким образом, была сформулирована концепция ЭМФ современных систем впрыскивания топлива, разработаны теоретические и методологические предпосылки создания электромагнитных форсунок, а также получены экспериментально-аналитические результаты исследований электромагнитных форсунок с различными функциональными элементами.

Метод проектирования и расчета ЭМФ нового поколения двигателя с искровым зажиганием позволяет определить ее параметры. Быстродействие таких форсунок достигается путем уменьшения массы и трения подвижных деталей. Для повышения быстродействия якорь и сердечник электромагнита имеют

продольные прорезы, уменьшающие вихревые токи. Увеличение затяжки пружины повышает время запаздывания открытия ЭМФ и снижает время запаздывания ее закрытия.

Параметр цикловой подачи топлива удобнее оценить параметром продолжительности открытия форсунки. Они связаны линейной зависимостью.

На частотах 500 Гц и выше время срабатывания и время отпускания

электромагнита не зависят от продолжительности импульса тока в обмотке и являются неуправляемыми временными параметрами, заложенными конструктивно.

Фазированное впрыскивание представляет собой наиболее прогрессивный и современный способ подачи топлива в цилиндры ДВС, обеспечивающий максимально возможную экономичность и экологичность современного двигателя.

Литература

1. **Ерохов В.И.** Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика). – М.: Горячая линия. Учебник для ВУЗОВ, 2011. – 567 с.
2. **Куске Е.Я.** Применение расчетных методов к анализу динамики затвора клапана в форсунках электронно-управляемых систем бензиновых двигателей // Двигателестроение. – 1984. – № 9. – С. 28-31.
32. Электротехнический справочник. Под ред. П.Г. Грудинского. Том 1. – М: Энергия, 1971. – 880 с.
4. **Казakov Л.А.** Электромагнитные устройства РЭА: справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 352 с.

ГРУППА КОМПАНИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АЗС АГЗС И НЕФТЕБАЗ



Россия, Орловская обл., г. Ливны, ул. Мира, 40
E-mail: sales@prompribor.ru
т. +7(48677) 322 46, 316 56, 316 57, 315 99
Информация о продукции на сайте www.prompribor.ru

От проекта до комплексной поставки и автоматизации АЗС, АГЗС нефтебаз, терминалов



Методика расчета технико-экономической эффективности подземных хранилищ СПГ

Н.Г. Кириллов,

профессор Военного инженерно-технического института (ВИТИ), д.т.н.,

А.Н. Лазарев,

доцент, начальник ВИТИ, к.т.н.,

А.В. Яковлев,

соискатель ВИТИ,

Ю.И. Грищенко,

соискатель ВИТИ

В статье рассмотрены вопросы экономической эффективности применения сжиженного природного газа в качестве топлива для котельных станций. Впервые в России проанализирована эффективность создания и использования в системах теплоснабжения подземных хранилищ СПГ. Отмечено, что подземные хранилища СПГ отличаются более высокой безопасностью при аварийных ситуациях, а также являются более дешевыми по сравнению с наземными хранилищами с экранно-вакуумной теплоизоляцией.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, подземные криогенные хранилища, безопасность при аварийных ситуациях, технико-экономическая эффективность использования СПГ.

Design procedure of technical and economic efficiency of creation and operation of boiler installations on the basis of application of underground LNG storehouses

N.G. Kirillov, A.N. Lazarev, A.V. Yakovlev, Y.I. Grishchenko

Questions of economic efficiency of application of the liquefied natural gas as fuel for boiler stations are considered in the paper. Efficiency of creation and use of underground LNG storehouses in systems of a heat supply is analysed for the first time in Russia. It is marked, that underground LNG storehouses differ by a higher safety at emergencies, and also are cheaper in comparison with ground storehouses with a screen-vacuum heat isolation.

Keywords: liquefied natural gas (LNG), underground cryogenic storehouses, safety at emergencies, technical and economic efficiency of use of LNG.

Проблема производства и использования сжиженного природного газа (СПГ) как основного энергоносителя XXI в. с каждым годом становится все более актуальной для России. В ближайшем будущем СПГ предполагается использовать для коммунального газоснабжения населенных пунктов, в качестве котельного топлива на предприятиях топливно-энергетического комплекса (ТЭК), для создания систем резервирования газа и в качестве моторного топлива для различных видов транспорта [1, 2].

В целом, использование СПГ в качестве энергоносителя позволяет одновременно решать несколько задач:

- газифицировать объекты (населенные пункты, предприятия промышленности и транспорта), удаленные от распределительных или магистральных газопроводов или расположенные вне зоны действия газораспределительных станций (по оценкам отечественных специалистов, около 50 % населенных пунктов, нуждающихся в газификации, экономически целесообразно обеспечивать газовым топливом в виде СПГ);
- сокращать затраты на газификацию за счет отказа от проектирования, строительства и технического обслуживания части объектов газоснабжения (газопроводы-отводы, межпоселковые распределительные газопроводы). При расстоянии от магистрального газопровода до потребителя более 40 км приведенные затраты на газоснабжение таких объектов с помощью СПГ оказываются ниже, чем на снабжение сетевым газом. По расчетам ОАО «Корпорация «Компомаш» средние приведенные затраты, связанные с созданием инфраструктуры газоснабжения, на каждый 1 км составляют: для сетевого (трубопроводный вариант) – 20 тыс. долл. США, а для технологий

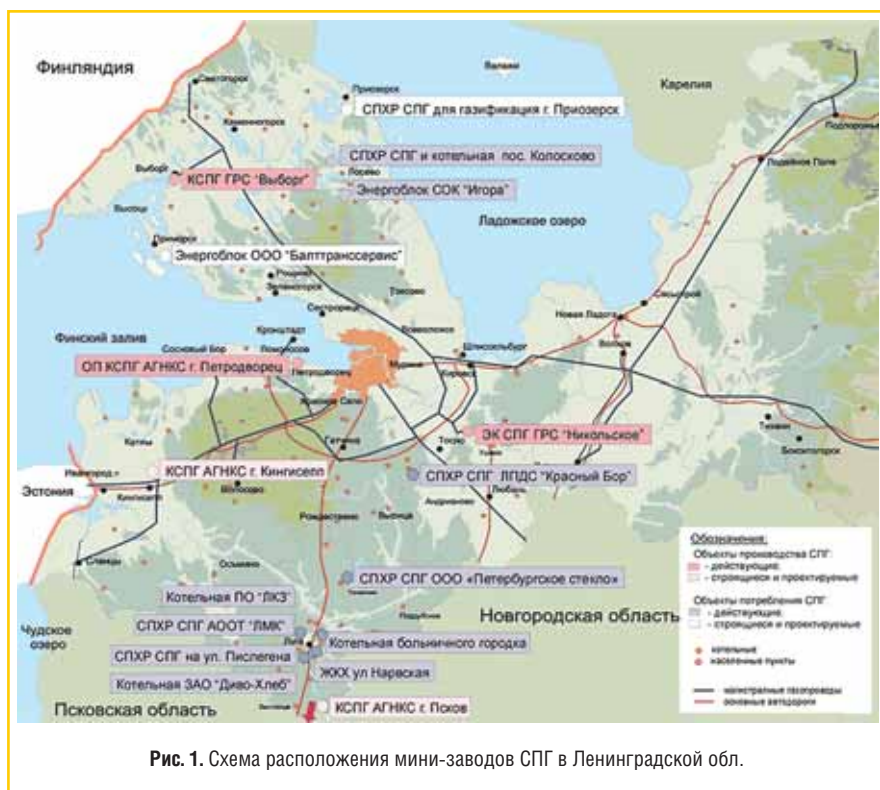


Рис. 1. Схема расположения мини-заводов СПГ в Ленинградской обл.

мощности некоторых мини-заводов СПГ в России.

- Москва: АГНКС – 1 т/ч;
- Санкт-Петербург: АГНКС (г. Петродворец) – 1 т/ч; ГРС «Никольское» – 0,35 т/ч; ГРС «Выборг» – 0,6 т/ч;
- Екатеринбург: АГНКС – 0,5 т/ч; ГРС-4 – 3 т/ч.

Одним из перспективных направлений применения сжиженного природного газа является его использование в качестве энергетического топлива для систем теплоснабжения. Так, с АГНКС из г. Петродворца СПГ специальным автомобилем перевозят на котельную нефтебазы (80 км). Перевод этой котельной (тепловая мощность 14,7 ГДж/ч) с мазута на СПГ позволил более чем в три раза снизить себестоимость производства теплоты. Производственная площадь котельной сократилась вдвое, потребление электроэнергии – на треть, воды – на 20 %. Также в Лужском р-не Ленинградской обл. на СПГ переведена котельная молочного завода (мощность 29,3 ГДж/ч). Заводская котельная ранее работала на мазуте. После перехода на сжиженный метан, получаемый на ГРС, затраты завода на топливо и расходы населения на отопление сократились более чем на 15 %.

В феврале 2012 г. в п. Староуткинск Свердловской обл. введена в эксплуатацию первая на Урале модульно-блочная котельная, работающая на СПГ и обеспечивающая теплом 17 многоквартирных домов, поселковую больницу, школу, детский сад, администрацию, досуговый центр. Общая стоимость проекта с учетом

Таблица 1

Топливо	Нижшая теплота сгорания, МДж/кг	КПД котельных установок, %	Приведенная стоимость производства энергии, %
СПГ	48,2	91...93	100
Уголь	17,6	65...70	127...174
Мазут	40,6	85...88	143...176
Дизельное	42,6	88...90	396...428

СПГ – 1,85 тыс. долл. США. Причем преимущества СПГ нарастают с уменьшением мощности потребителя и увеличением удаленности от источника газа;

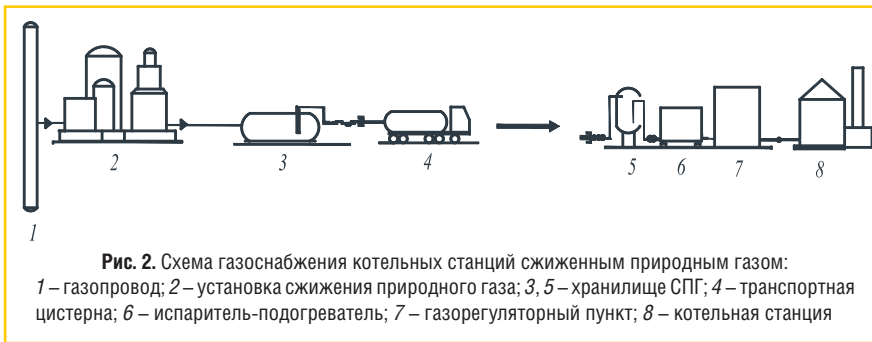
- сокращать убытки, связанные с выводом земли из хозяйственного оборота на период строительства газопровода;
- снижать уровни загрязнения окружающей среды при замене, например, мазута или угля природным газом;
- снижать затраты на энергоносители;
- обеспечить комплексное получение тепловой и электрической энергии.

В настоящее время в России создано и эксплуатируется уже достаточное число мини-заводов по производству СПГ на существующих АГНКС и ГРС. С учетом того, что их общее число в нашей стране превышает 3,5 тыс., можно с уверенностью говорить, что практически в каждом газифицированном регионе Российской Федерации существует

возможность организовать производство СПГ.

Так, на сегодняшний день на территории Ленинградской обл. практически сформировался единый региональный комплекс по производству, доставке и использованию СПГ на теплоэнергетических объектах [3]. На трех действующих мини-заводах ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» с момента пуска в эксплуатацию произведено и реализовано более 2,5 тыс. т СПГ, который используется для различных целей (рис. 1).

Аналогичные мини-заводы СПГ созданы в центральном регионе России (ООО «Самаратрансгаз») и на Урале (ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»). Ниже представлены данные о



строительства котельных и реконструкции тепловых сетей составила около 300 млн руб.

Перспективность данного использования определяется как экономическими, так и экологическими факторами. В настоящее время выбросы, возникающие в результате производства тепловой энергии на основе угля и мазута, содержат большое количество загрязняющих веществ [4]. Перевод котельных установок на СПГ позволяет сократить массу вредных ежегодных выбросов в атмосферу почти в 5 раз. При

сжигании природного газа в продуктах сгорания снижается концентрация углеводородов в среднем в 2 раза, оксидов углерода – в 20 раз, азота – более чем в 15 раз.

Как показала практика, при применении СПГ значительно повышается эффективность котельных станций. Для доказательства этого сравним характеристики показателей нижней теплоты сгорания, значения КПД котельных установок и приведенной стоимости производства 1 ГДж энергии при использовании различных видов топлив (табл. 1).

Как видно из таблицы, СПГ обладает наивысшими теплотой сгорания и КПД котельных установок, а также наименьшей приведенной стоимостью производства 1 ГДж энергии.

Перспективность создания подземных хранилищ СПГ

В настоящее время в России уже сформировалась и, в основном, технологически решена проблема малотоннажного производства СПГ и доставки его от мини-заводов к потребителям (рис. 2).

В отличие от крупнотоннажного производства СПГ, где применяются циклы внешнего охлаждения на смесях различных хладагентов, в малотоннажном производстве на основе существующих АГНКС и ГРС используются циклы внутреннего охлаждения, где в качестве холодильного агента используется сам сжижаемый природный газ. К таким циклам относятся циклы на основе дросселирования, применения детандеров и вихревых труб.

Транспортирование СПГ к потребителю осуществляется с использованием специальных автомобилей-метановозов. В России разработаны и серийно производятся несколько модификаций транспортных цистерн для СПГ, например, ЦТП-16/1.6 объемом 16 м³ (рис. 3а) и ЦТП-35/0.6 объемом 35 м³ (рис. 3б). Емкости имеют высокоэффективную теплоизоляцию, обеспечивающую бездренажное хранение СПГ до 15 сут.

В настоящее время одной из главных проблем в технологической цепочке газоснабжения котельных станций сжиженным природным газом является создание эффективных стационарных хранилищ СПГ у потребителей. Следует отметить, что в России практически отсутствует опыт проектирования, строительства и эксплуатации стационарных хранилищ СПГ и имеется только





Рис. 4. Система СХП-25/0,6

незначительный опыт хранения СПГ в специальных наземных резервуарах с экранно-вакуумной тепловой изоляцией, выполненных на основе транспортных криогенных емкостей.

Например, в системах приема, хранения и регазификации СПГ применяются емкости-хранилища с объемом хранения 3, 8, 16 м³ разработки ОАО «Сибкриотехника», 25, 50, 63 м³ – ОАО «Криогенмаш», 120 м³ – ЗАО «Уралкриомаш», а также оборудование фирм CHART-FEROX (Чехия) и INDOX-ROS ROCA (Испания) (рис. 4, 5).

Однако многолетний мировой опыт и проведенные авторами патентные исследования показали, что применение экранно-вакуумной теплоизоляции для стационарных хранилищ СПГ экономически нецелесообразно. Так, при проведении патентных исследований выявлено, что из 620 заявок на изобретения по теме «стационарные хранилища

СПГ» экранно-вакуумная теплоизоляция применялась лишь в 19 изобретениях, в остальных – теплоизоляция без применения вакуума. Это составляет только 3 % от общего числа поданных заявок на предполагаемые изобретения за более чем 40 лет изобретательской деятельности во всем мире по данной теме. В связи с этим можно смело утверждать, что мировой опыт проектирования и создания стационарных хранилищ СПГ показывает неэффективность применения экранно-вакуумной теплоизоляции при строительстве хранилищ СПГ [5].

Много вопросов вызывает также и наземное расположение резервуаров для хранения СПГ, в которых большая концентрация СПГ, являющегося веществом с повышенной пожаровзрывоопасностью, на относительно небольших площадях хранилищ обуславливает серьезную проблему обеспечения пожарной безопасности такого рода объектов.

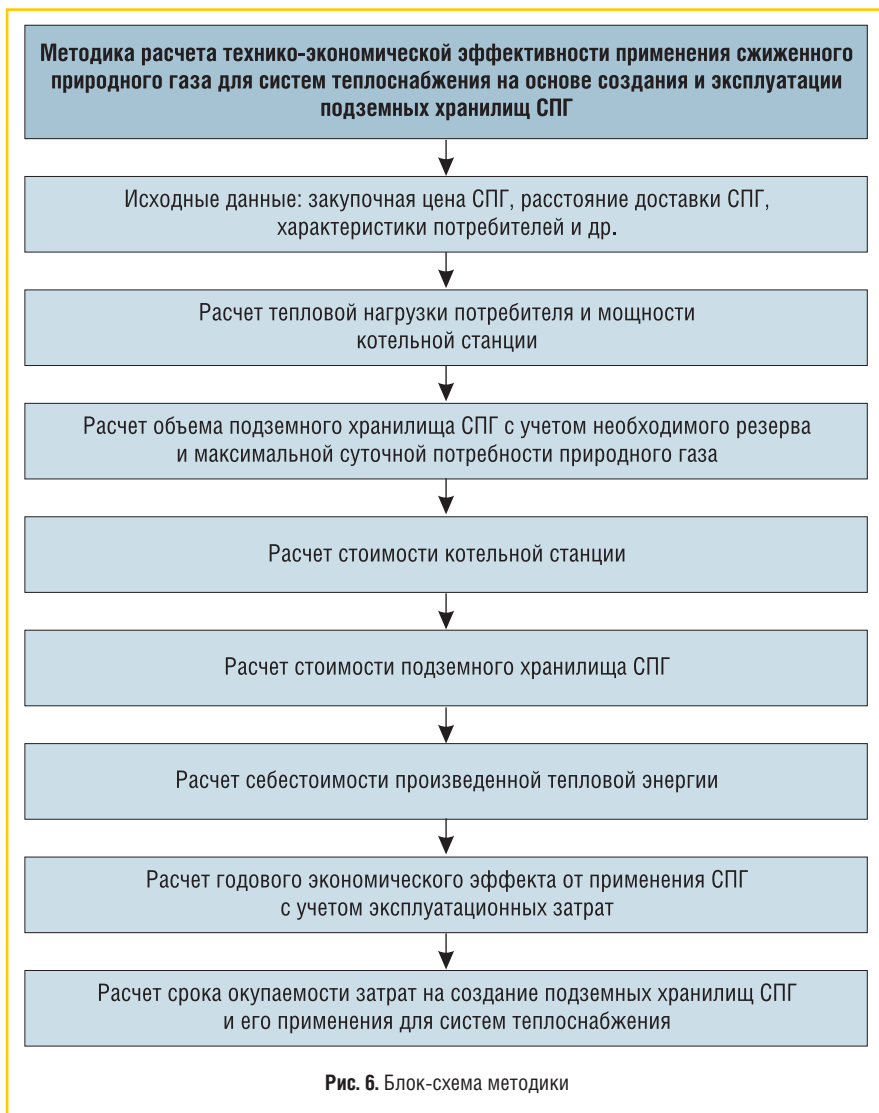
Так, еще в 1988 г. были введены в действие ведомственные нормы технологического проектирования установок по производству и хранению сжиженного природного газа, изотермических хранилищ и газозаправочных станций (ВНТП 51-1–88). Согласно данным нормам при строительстве изотермических хранилищ при общем объеме хранения СПГ до 6 тыс. м³ могут быть использованы только подземные резервуары. При объеме хранения СПГ менее 1 тыс. м³ использование подземных резервуаров позволяет сократить расстояния от комплексов СПГ до других промышленных объектов, жилых и общественных зданий в 1,5...2 раза, что имеет существенное значение при создании инфраструктуры хранения СПГ в городах и населенных пунктах Российской Федерации.

Немаловажным аспектом, обобщающим перспективность создания подземных хранилищ СПГ, является экономическая компонента. Так, исследования, проведенные скандинавскими учеными, доказали, что подземные хранилища углеводородов экономически более выгодны, а также более безопасны по сравнению с наземными. Техно-экономические расчеты показывают, что при сооружении подземных хранилищ расход листовой стали по сравнению с наземными сокращается до 20...25 кг на 1 т хранимого продукта, стоимость строительства снижается в 1,5...3,5 раза, эксплуатационные расходы – в 2...5 раз.

В связи с этим строительство подземных изотермических хранилищ, в первую очередь, ввиду более высоких характеристик экономичности, пожаро- и взрывобезопасности является наиболее перспективным направлением создания современных хранилищ СПГ [6].



Рис. 5. Резервуар РЦВ-25/1,6



Методика расчета технико-экономической эффективности создания и эксплуатации котельных установок с подземными хранилищами СПГ

Технико-экономические показатели и экономическую эффективность применения сжиженного природного газа для систем теплоснабжения на основе создания и эксплуатации подземных хранилищ СПГ следует рассчитывать с учетом полных затрат (капитальные, эксплуатационные и т.д.). К ним относятся стоимость СПГ, его транспортировки, строительства подземного хранилища, производства котельного оборудования с учетом специфики применения СПГ, эксплуатации котельного

оборудования с учетом изменения технико-эксплуатационных показателей, связанных с качеством и особенностями применения СПГ, и т.д.

Авторами разработана методика расчета технико-экономической эффективности применения СПГ для систем теплоснабжения на основе создания и эксплуатации подземных хранилищ СПГ (рис. 6). С учетом того, что опыт строительства подземных хранилищ СПГ в России отсутствует, авторами также разработаны методологические основы расчета сметной стоимости строительства подземных хранилищ СПГ.

Разработанная методика была применена при расчете технико-экономической эффективности применения

СПГ и сравнении двух вариантов строительства новых котельных станций с различными источниками теплоты: на мазуте и сжиженном природном газе. Капитальные затраты по данным вариантам складываются из капитальных затрат на строительство котельной и топливохранилища.

Котельная станция предназначена для теплоснабжения систем отопления и горячего водоснабжения (хозяйственные нужды) зданий и сооружений крупного населенного пункта. Категория потребителей по надежности теплоснабжения и отпуску теплоты – вторая. Установленная тепловая мощность – 70 МВт. Теплоноситель для системы отопления и вентиляции – сетевая вода греющего контура с расчетными температурами по отопительному графику 95...70 °С. Система теплоснабжения – открытая.

Для выполнения поставленной цели – удовлетворить потребности в энергии крупного населенного пункта на два дня и при этом сохранить трехдневный резерв – необходимо иметь хранилище объемом 1200 м³. Согласно выполненным расчетам сметная стоимость подземного хранилища составляет 28 994 тыс. руб.

Основные показатели технико-экономического расчета строительства и эксплуатации котельных на мазуте и сжиженном природном газе представлены в табл. 2 и на рис. 7.

Результаты расчетов показывают, что несмотря на более высокую стоимость строительства котельной станции на СПГ по сравнению с котельной станцией на традиционном энергоносителе (мазут) срок окупаемости первого варианта составляет 2,27 года, а котельной станции на мазуте – свыше 8 лет. Более высокий экономический эффект при использовании СПГ в качестве энергоносителя для систем теплоснабжения достигается за счет низких эксплуатационных затрат.

Таблица 3

Показатель	СПГ	Мазут
Общая сметная стоимость строительства котельной (с НДС), тыс. руб.	300000	275000
Сметная стоимость строительства здания и котельного оборудования (с НДС), тыс. руб.	271006	255000
Сметная стоимость хранилища топлива, тыс. руб.	28994	20000
Выработка тепловой энергии, ГДж/год	769426	769426
Расход топлива, тыс. м ³ /год	25504,7	23422,7
Стоимость топлива (с НДС и доставкой до хранилища котельной), тыс. руб./тыс. м ³ (т)	9	14
Расход средств на топливо, тыс. руб./год	229542,3	327917,8
Расход средств на электроэнергию, тыс. руб./год	1405	1545,5
Расход средств на заработную плату, тыс. руб./год	3600	5100
Амортизационные расходы, тыс. руб./год	9600	8800
Расходы на текущий ремонт, тыс. руб./год	960,000	1320,000
Социальное страхование, тыс. руб./год	943,200	1336,200
Общекотельные расходы, тыс. руб./год	2265,480	2980,116
Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб./год	253789,85	354473,49
Себестоимость тепловой энергии, тыс. руб./ГДж	1,460	2,039
Годовое поступление, тыс. руб.	486820,6	486820,6
Чистый доход, тыс. руб.	233030,74	132347,10

Полученные результаты наглядно демонстрируют перспективность и экономическую эффективность применения сжиженного природного газа для систем теплоснабжения на основе создания и эксплуатации подземных хранилищ СПГ.

Автономное энергоснабжение небольших промышленных и соци-

альных предприятий, а также населенных пунктов с помощью СПГ – привлекательная сфера для инвестиций со сравнительно коротким сроком окупаемости капитальных вложений. Автономные объекты малой энергетики помогут ликвидировать проблему энергообеспечения отдаленных регионов.

Литература

1. Кириллов Н., Лазарев А. Анализ мирового рынка СПГ и перспективы его производства на Востоке России // Газовая промышленность. – 2011. – № 3. – С. 60-64.
2. Кириллов Н., Лазарев А. Мировой опыт производства и использования сжиженного природного газа как универсального энергоносителя и моторного топлива // Охрана окружающей среды. Атмосфера. – 2011. – № 1. – С. 26-30.
3. Макеев В. и др. Эффективность газификации Талдомского района Московской области с использованием сжиженного природного газа // АГЗК+АТ. – 2004. – № 1. – С. 68-70.
4. Сердюков С., Ходорков И. Перспективы создания демонстрационной зоны технологии и бизнеса СПГ в России. Санкт-Петербург и Ленинградская область // АГЗК+АТ. – 2003. – № 1. – С. 56-59.
5. Кириллов Н., Лазарев А. Патентные исследования в области создания стационарных хранилищ СПГ для транспортных средств России // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4 (22). – С. 74-79.
6. Кириллов Н., Лазарев А. Технико-экономические исследования в области создания современных подземных хранилищ СПГ: тр. МНК «Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании». – М.: МГСУ, 2011. – С. 242-246.

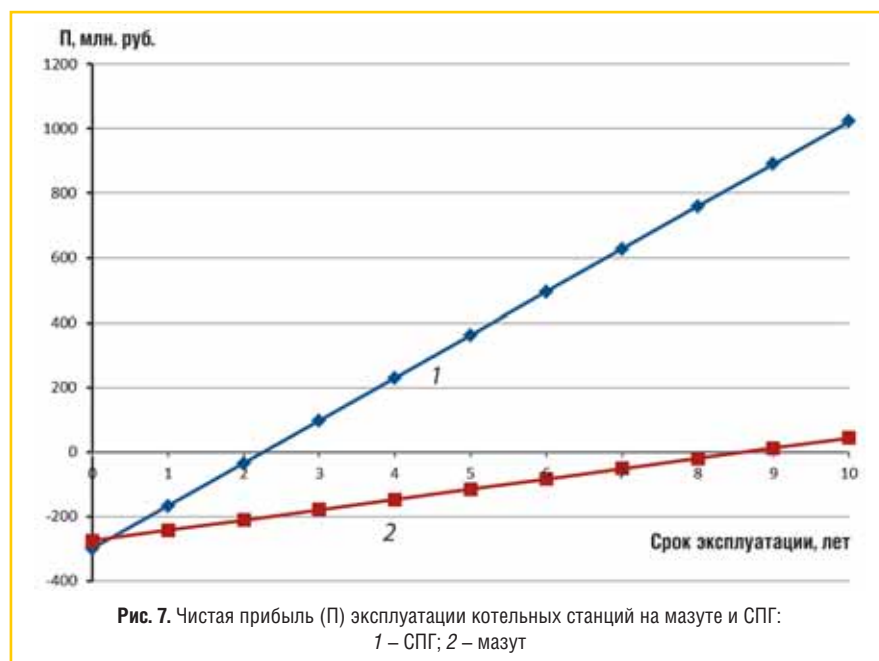


Рис. 7. Чистая прибыль (П) эксплуатации котельных станций на мазуте и СПГ:
1 – СПГ; 2 – мазут

Оценка фрикционных потерь в трансмиссии грузовых автомобилей

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

В статье представлен энергетический анализ трансмиссий грузовых автомобилей с несколькими ведущими мостами на основе нового методологического подхода к оценке фрикционных потерь в сложных кинематических цепях.

Ключевые слова: энергетический расчет, фрикционные потери, многосвязные кинематические цепи, трансмиссии транспортных средств.

Evaluation of frictional losses in the transmission of trucks

I.K. Alexandrov

This paper presents an energy analysis of transmissions of trucks with several leading axis on the basis of a new methodological approach to estimate the frictional losses in the complex kinematic chains.

Keywords: energy calculation, friction loss, ladder-type kinematic chains, transmissions of hauling units.

Рассмотрим новый подход к энергетической оценке механизмов и машин, который был обусловлен необходимостью существенной корректировки [1-8] расчетных зависимостей, предлагаемых для энергетического расчета механических передач академическими курсами «Детали машин» и «Теория машин и механизмов».

В работах [6-8] и др. приведены зависимости и методики энергетического расчета многосвязных (удлиненные) кинематических цепей, учитывающих потери энергии на холостой ход элементов и влияние нагрузочного режима кинематической цепи (КЦ). Также указано, что использование традиционной методики расчета возможно только при введении ограничения, определяемого граничным крутящим моментом $M_{гр}$ на приводном валу [5, 8, 12]:

$$M_{гр} = 28,3638 \sqrt{\eta_{\Sigma} M_{xx}}, \quad (1)$$

где M_{xx} – момент холостого хода трансмиссии, Н·м; η_{Σ} – суммарное предельное КПД трансмиссии.

$$\eta_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n R_i.$$

Здесь R_i – предельный (табличный) КПД i -го элемента кинематической цепи.

Необходимость введения $M_{гр}$ продиктована тем, что текущий КПД трансмиссии не является константой, как это определено в классических курсах, а подчиняется гиперболической закономерности, стремящейся к нулю при малых крутящих моментах на приводном валу:

$$\eta = \eta_{\Sigma} \left(1 - \frac{M_{xx}}{M}\right), \text{ при } \omega = \text{const}, \quad (2)$$

где M – текущий крутящий момент на приводном валу, Н·м; ω – частота вращения приводного вала, с⁻¹.

При $M > M_{гр}$ можно принять условие $\eta \approx \eta_{\Sigma}$. Это область стабильных значений КПД, в пределах которой допустимо использование традиционной (упрощенная) методики расчета, предлагаемой академическими курсами.

На основании анализа формулы (2) приходим к выводу, что реальный КПД трансмиссии зависит от следующих факторов:

- η_{Σ} , а именно от предельного КПД каждого элемента трансмиссии и от длины КЦ (или другими словами, от числа элементов трансмиссии);
- нагрузки на трансмиссию, то есть от величины крутящего момента на приводном валу ($\eta = 0$ при $M = M_{xx}$; $\eta \approx \eta_{\Sigma}$ при $M > M_{гр}$);
- M_{xx} , а именно при увеличении M_{xx} относительно крутящего момента M на приводном валу существенно снижается КПД трансмиссии.

При разделении потока мощности, то есть в случае разветвленных КЦ, последние два фактора становятся во много раз существеннее, чем в КЦ с последовательным соединением элементов. При этом принципиально ухудшается энергетическая эффективность механической передачи.

Выполнить достоверно энергетический расчет разветвленных КЦ, располагая только константами, определяющими предельные КПД элементов, невозможно. Академические курсы предлагают проводить эти расчеты с использованием упрощенных методик (дополнительно вводятся понижающие поправочные коэффициенты), которые к желаемым результатам не приводят.

В частности, хорошо известно, что топливная экономичность автомобилей с двумя или тремя ведущими мостами значительно хуже, чем у базовых моделей с одной ведущей осью. При энергетическом расчете КЦ, содержащей несколько параллельных потоков мощности, с использованием традиционных табличных коэффициентов получаем неадекватные экспериментальным результатам, согласно которым автомобиль с несколькими ведущими мостами должен расходовать значительно меньше топлива, чем это происходит на практике.

Теоретические и экспериментальные исследования, проводимые в ВоГТУ начиная с 1970-х гг., позволили

разработать методику и компьютерные программы расчета КПД кинематических цепей с любым реально возможным уровнем разветвления [8-11]. Эти методики основываются на корректном расчете многозвенных последовательных цепей. При этом учитывается также, что чрезмерное удлинение КЦ (даже без разделения потока мощности) может привести к нежелательному (дограничный) нагрузочному режиму.

Наличие гиперболической функции (2) объясняется тем [1-8, 13], что изменение фрикционных сил от нагрузки в кинематической паре подчиняется известной закономерности Амонтона–Кулона и определяется аналогичной данному закону линейной зависимостью:

$$M_c = kM + M_0, \quad (3)$$

где M_c – момент сопротивления, возникающий в элементе КЦ или трансмиссии в целом при передаче движения, Н·м; k – константа, определяющая предельные относительные нагрузочные потери в передаче, обусловленные силами внешнего трения; M_0 – начальный момент сопротивления передачи, определяемый силами молекулярного сцепления в кинематической паре при отсутствии внешней нагрузки, Н·м.

Величина M_0 определяет наличие момента холостого хода трансмиссии

$$M_{xx} = M_0 / (1 - k) = M_0 / R.$$

В работах [6, 7] приведены рекуррентные уравнения для корректного расчета КПД многозвенных последовательных КЦ, которые в отличие от традиционных зависимостей учитывают влияние нагрузочного режима трансмиссии в целом и моментов холостого хода каждого ее элемента на текущий КПД. Однако для расчета разветвленных цепей с использованием ЭВМ в ряде случаев более целесообразными оказываются иные подходы, чем решения на основе рекуррентных уравнений. Эти методы позволяют при равноценном конечном результате расчета одновременно оценивать энергетическую эффективность каждого элемента трансмиссии, то есть находить слабые звенья цепи, что особенно важно при энергетической оценке разветвленных КЦ повышенной сложности.

При постоянном выбранном номинальном скоростном режиме ($\omega = \text{const}$) формула КПД одной кинематической ветви разветвленной трансмиссии может быть представлена в виде

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \dots \eta_n = \frac{M_1}{MU_1} \cdot \frac{M_2}{M_1 U_2} \cdot \frac{M_3}{M_2 U_3} \dots \frac{M_n}{M_{n-1} U_n} = \frac{M_n}{MU},$$

где $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \dots, \eta_n$ – текущие значения КПД соответствующих ступеней (кинематические звенья) кинематической ветви; $U_1, U_2, U_3, \dots, U_n$ – передаточные отношения соответствующих ступеней; U – общее передаточное отношение кинематической ветви трансмиссии; $M_1, M_2, M_3, \dots, M_n$ – выходные моменты соответствующих ступеней, которые одновременно являются входным моментом для последующих ступеней, Н·м.

Для определения момента M_n с учетом закономерности (3) последовательно вычисляются моменты всех ступеней (прямая схема расчета):

$$\begin{aligned} M_1 &= [M - (k_1 M + M_{01})] U_1; \\ M_2 &= [M_1 - (k_2 M_1 + M_{02})] U_2; \\ M_3 &= [M_2 - (k_3 M_2 + M_{03})] U_3; \\ &\dots \dots \dots \\ M_n &= [M_{n-1} - (k_n M_{n-1} + M_{0n})] U_n. \end{aligned} \quad (4)$$

Приведенная схема (4) расчета по существу является вариантом алгоритма вычислений на основе рекуррентных выражений, представленных в работах [6, 7].

Особый интерес представляет расчет энергетических характеристик трансмиссии по обратной схеме, то есть путем последовательного движения от выходного вала к входному, когда предварительно задан крутящий момент M_{PO} на рабочем органе (РО), являющийся одновременно и значением выходного момента $M_{PO} = M_n$. В этом случае необходимо обеспечить последовательное решение цепи уравнений вида

$$\begin{aligned} M_{i-1} &= M_i / U_i + (k_i M_{i-1} + M_{0i}) \\ \text{или после упрощения} \\ M_{i-1} &= (M_i / U_i + M_{0i}) / (1 - k_i) = (M_i / U_i + M_{0i}) / R_i. \end{aligned} \quad (5)$$

Расчет на основе зависимости (5) имеет существенное преимущество, так как обеспечивает энергетический анализ сложных машин и механизмов практически с любым разветвлением КЦ, что реализуется программой KPD8C [11]. В данной программе каждая ветвь независимо от уровня расположения ее в кинематической цепи рассчитывается по обратной схеме. В итоге определяются режимные параметры приводного двигателя (суммарный крутящий момент от действия всех ветвей КЦ и частота вращения), его мощность и вычисляется общий КПД сложной трансмиссии по выражениям:

$$\begin{aligned} \eta_T &= \frac{\sum_{i=1}^m N_{POi}}{N_D}; \\ \eta_T &= \frac{\sum_{i=1}^m M_{POi} / U_{POi}}{M}, \end{aligned}$$

где N_{POi} – выходная мощность i -й внешней ветви (на i -м РО), кВт; N_D – мощность на валу двигателя, кВт; m – число внешних ветвей; M_{POi} – момент на выходе i -й внешней ветви (момент на i -м РО), Н·м; U_{POi} – передаточное отношение от i -го РО до вала двигателя.

Для выявления неблагоприятных в энергетическом отношении элементов КЦ и дальнейшей оптимизации ее энергетических параметров на каждом этапе расчета вычисляется характеризующий потенциальную возможность повышения КПД элемента цепи коэффициент использования

$$K_i = \frac{\eta_i}{R_i},$$

где η_i – фактический КПД i -го элемента КЦ, определяемый как функция от момента на входе; R_i – предельный КПД i -го элемента КЦ.



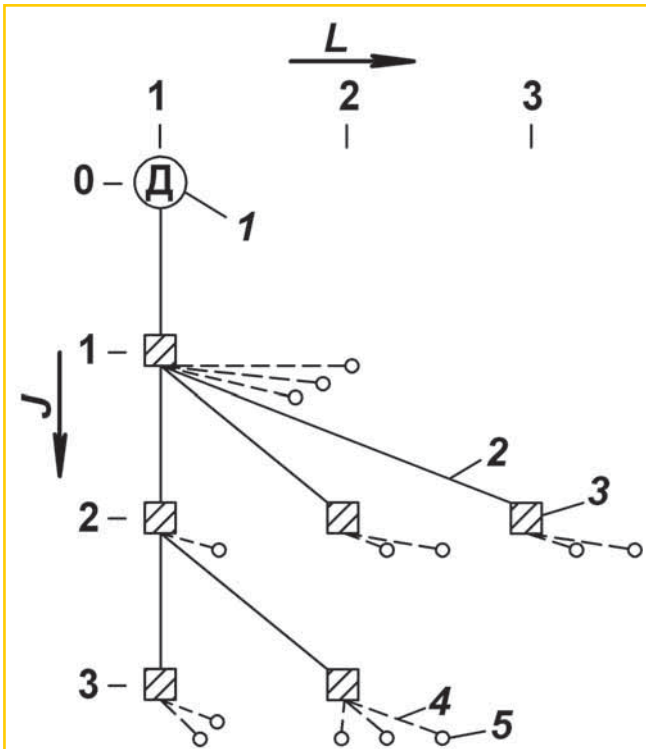


Рис. 1. Блок-схема кинематической цепи с указанием способа маркировки собирательных звеньев (СЗ), в которых происходит объединение (или разделение при прямой схеме расчета) потоков мощности:
 1 – двигатель; 2 – внутренняя ветвь; 3 – СЗ; 4 – внешняя ветвь; 5 – рабочий орган

На рис. 1. показана блок-схема сложной разветвленной механической трансмиссии.

Внешняя ветвь определяется участком КЦ между рабочим органом и СЗ, внутренняя ветвь – участок КЦ между СЗ. Согласно принятому способу маркировки СЗ первая цифра (J) обозначает уровень расположения по отношению к двигателю, а вторая (L) – порядковый

номер СЗ. При этом маркируется и сам двигатель как собирательное звено 0,1.

Следует отметить, что на первом уровне всегда существует одно собирательное звено 1,1. Нулевая внутренняя ветвь, соединяющая СЗ 1,1 с двигателем, в наиболее простом конструктивном варианте может быть представлена соединительной муфтой либо вообще отсутствовать. В последнем случае нулевая ветвь характеризуется значениями КПД и передаточным отношением, равными единице, при отсутствии начального момента сопротивления ($M_0 = 0$).

Расчет на ЭВМ (программа KPD8C [11]) проводится в диалоговом режиме. После ввода общих характеристик кинематической цепи на экране дисплея выводится ее графическое изображение в виде блок-схемы для идентификации последней со схемой принятого к расчету варианта цепи, что позволяет избежать ошибок на начальном этапе расчета. Убедившись в идентичности обеих схем, оператор вводит параметры всех элементов кинематической цепи, и расчет продолжается.

При расчете по обратной схеме программа учитывает свойство «непрозрачности» собирательных звеньев, которое заключается в том, что независимое прохождение через СЗ различных потоков мощности не допускается, то есть перед выполнением энергетического расчета самого СЗ необходимо сложить крутящие моменты объединяющихся кинематических ветвей и только потом объединенный поток пропускать (трансформировать) через СЗ (рис. 2а). Однако сложение крутящих моментов возможно лишь при условии одинаковых угловых скоростей.

На основании этих требований СЗ включает в себя только те кинематические пары, где собирающиеся потоки мощности приобретают равные угловые скорости. Это является основанием для маркировки СЗ в блок-схеме расчета. Если при вводе исходных данных будет допущена ошибка в передаточных числах элементов цепи, то это приведет к расхождению угловых частот потоков мощности перед СЗ и произойдет остановка расчета с указанием допущенной ошибки при вводе параметров кинематической цепи.

Рассмотрим принцип «непрозрачности» СЗ (см. рис. 2а). Потоки мощности предварительно объединяются, и расчетное выражение имеет вид

$$\sum_{j=1}^m M_j = (1/U) \sum_{j=1}^m M_{1j} + (k \sum_{j=1}^m M_j + M_0).$$

В случае «прозрачного» СЗ (см. рис. 2б), допускающего прохождение множества потоков независимо друг от друга, получаем иное выражение даже при равенстве угловых частот в объединяющихся потоках мощности:

$$\sum_{j=1}^m M_j = (1/U) \sum_{j=1}^m M_{1j} + \sum_{j=1}^m (kM_j + M_0).$$

Последнее выражение искажает результат, так как

$$k \sum_{j=1}^m M_j + M_0 \neq \sum_{j=1}^m (kM_j + M_0).$$

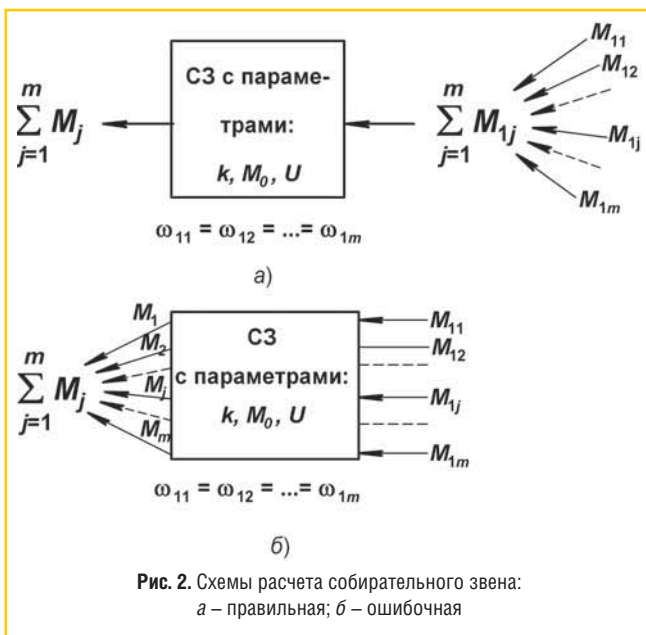


Рис. 2. Схемы расчета собирательного звена:
 а – правильная; б – ошибочная

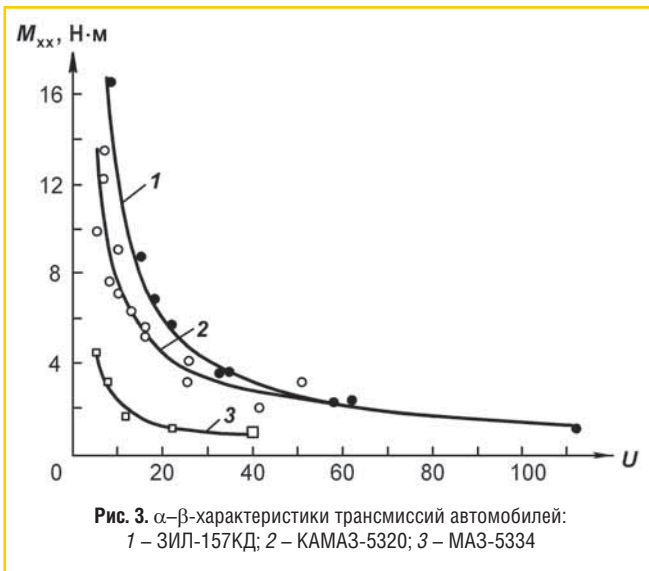


Рис. 3. α - β -характеристики трансмиссий автомобилей: 1 – ЗИЛ-157КД; 2 – КАМАЗ-5320; 3 – МАЗ-5334

Таким образом, при наличии констант, определяющих предельные относительные потери (или предельный КПД) и момент холостого хода для каждого элемента кинематической цепи, предлагаемая программа позволяет достоверно рассчитать общий КПД трансмиссии с любым реально возможным разделением потоков мощности.

Для количественной оценки влияния разделения потока мощности на момент холостого хода и другие энергетические характеристики сложной трансмиссии в ВоГТУ были проведены экспериментальные исследования этих характеристик грузовых автомобилей. Момент M_{xx} определяли путем прокручивания трансмиссий подвешенных автомобилей без нагрузки на ведущие колеса при изменяющемся передаточном отношении. Исследовали автомобили трех марок: МАЗ-5334 – с одной ведущей осью; КАМАЗ-5320 – с двумя ведущими мостами; ЗИЛ-157КД – с тремя ведущими мостами (рис. 3 и табл. 1).

Оказалось, что экспериментальные точки с большой степенью достоверности аппроксимируются гиперболической функцией вида

$$M_{xx} = \alpha + \frac{\beta}{U},$$

Результаты экспериментального определения α - β -характеристик трансмиссии грузовых автомобилей

Показатели	Марка автомобиля		
	ЗИЛ-157КД	КАМАЗ-5320	МАЗ-5334
Число измерений, на основании которых определена аппроксимирующая функция	30	42	26
Диапазон изменения передаточного числа U трансмиссии	7,74...112,65	5,322...51,065	5,1...40,65
α -характеристика	0,405	1,508	0,461
β -характеристика	115,950	61,388	20,364
Относительное отклонение экспериментальных значений M_{xx} от расчетных, получаемых по аппроксимирующей функции (относительная ошибка), %	6,5	6,8	6,6

где α – константа, определяющая предельный минимальный M_{xx} (при $U \rightarrow \infty$); β – константа, характеризующая интенсивность изменения M_{xx} в зависимости от U .

Функциональная зависимость $M_{xx} = f(U)$ получила название α - β -характеристика трансмиссии.

Для определения зависимости, аппроксимирующей экспериментальные точки, использовали программу TRANS1, разработанную в ВоГТУ [11]. По этой же программе оценивали отклонения расчетных значений M_{xx} от экспериментальных путем вычисления относительной ошибки с учетом t -критерия Стьюдента.

Отметим, что введенные α - β -характеристики трансмиссии обладают весьма существенной информативностью в плане прогнозирования энергетической эффективности трансмиссии в сочетании с заданными режимными характеристиками приводного двигателя.

В связи с современной тенденцией использования быстроходных двигателей с частотой вращения, превышающей 3000 мин⁻¹, которые имеют пониженный крутящий момент на валу, все чаще стали возникать ситуации, когда нагрузочные режимы двигателей неудачно сочетаются с α - β -характеристикой трансмиссии, что приводит к резкому снижению КПД передачи. На основании

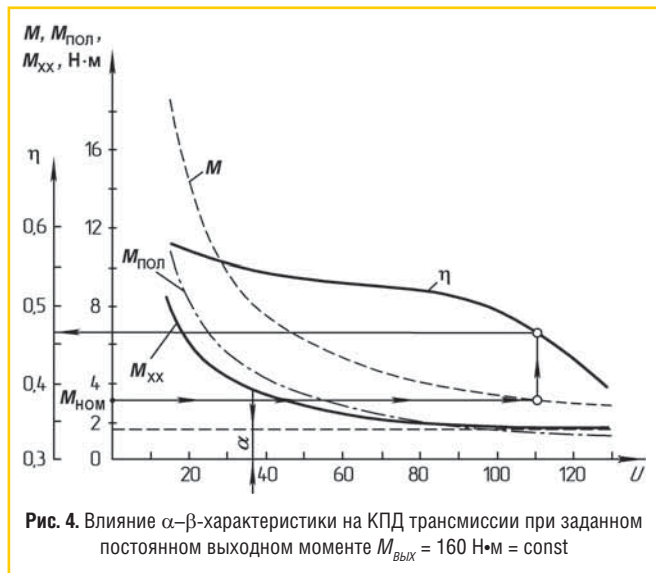


Рис. 4. Влияние α - β -характеристики на КПД трансмиссии при заданном постоянном выходном моменте $M_{вых} = 160 \text{ Н}\cdot\text{м} = \text{const}$

Таблица 1

α - β -характеристики, определенной для конкретной элементной базы будущей трансмиссии, можно заранее просчитать эту ситуацию в области низких нагрузочных режимов. Как показали экспериментальные исследования, появление трансмиссий с пониженными нагрузочными режимами за счет использования быстроходных двигателей стало нормой. Эксплуатационный механический КПД этих передач не превышает 0,5.

В зоне низких нагрузочных режимов, где КПД = 0,5 и ниже, общие потери в трансмиссии в основном определяются постоянными, а не нагрузочными потерями, то есть в этом случае можно принять допущение

$$M_c \approx M_{XX}. \quad (6)$$

Тогда при $\omega = \text{const}$

$$\eta = \frac{M_{\text{пол}}}{M} \approx \frac{M - M_{XX}}{M}, \quad (7)$$

где $M_{\text{пол}}$ – полезный момент на приводном валу.

Чем больше M приближается к M_{XX} , тем точнее результаты расчета, получаемые по формуле (7). При указанных допущениях на основании α - β -характеристики можно определить зависимость КПД передачи от U , то есть $\eta = f(U)$ (рис. 4).

Методика расчета выглядит следующим образом. Допустим, что известен выходной крутящий момент $M_{\text{вых}}$ (момент на РО), который по технологическим условиям независимо от параметров трансмиссии должен быть сохранен: $M_{\text{вых}} = \text{const}$. Тогда $M_{\text{вых}} = M_{\text{пол}} U = \text{const}$, откуда $M_{\text{пол}} = M_{\text{вых}} / U$.

На основании допущения (6) получаем полный крутящий момент на приводном валу, обеспечивающий работоспособность передачи с учетом потерь:

$$M = M_{\text{пол}} + M_{XX}.$$

Строим график $M = f(U)$ (см. рис. 4). Далее по формуле (7) вычисляем КПД передачи для всего рассматриваемого диапазона U . Представляем КПД также в виде графика $\eta = f(U)$. Затем по диаграмме на основании известного номинального крутящего момента $M_{\text{ном}}$ двигателя определяем соответствующий данному моменту КПД трансмиссии (направление движения по диаграмме показано стрелками). Снижение КПД с увеличением U следует из зависимости (7). Поскольку $M \rightarrow M_{XX}$ при $U \rightarrow \infty$, то $\lim \eta = \lim \frac{M - M_{XX}}{M} = 0$.

Как видно из графика $\eta = f(U)$, в зоне стабилизации α - β -характеристики, то есть когда $M = \alpha = \text{const}$, происходит резкое падение КПД. Это является предупреждением об энергетической нецелесообразности применения рассматриваемой трансмиссии с данным двигателем. Например, в исследованных трансмиссиях грузовых автомобилей стабилизация α - β -характеристики наступает при U более 30..40. Поэтому неслучайно трансмиссия ЗИЛ-157КД на низших передачах при включении переднего моста с понижающим редуктором (U достигает 112) имеет КПД 0,35...0,4 (см. окончание статьи в следующем номере). Это свидетельствует о плохой согласованности нагрузочного режима двигателя с энергетическими характеристиками трансмиссии.

На основании последнего заключения приходим к выводу, что в области стабильных значений α - β -характеристики повышение передаточного отношения трансмиссии непременно приведет к уменьшению ее КПД. Повысить энергетическую эффективность передачи в этом случае можно только путем использования двигателя с более высоким значением эффективного момента, обеспечивающего работу трансмиссии с передаточным отношением до наступления стабилизации зависимости $M_{XX} = f(U)$.

Окончание в следующем номере.

Литература

1. **Александров И.К.** Расчет коэффициента полезного действия механических трансмиссий с учетом нагрузочных режимов. – Вологда: ВППО, 1992. – 48 с.
2. **Александров И.К.** Энергетический анализ и пути снижения энергоемкости машинных агрегатов. – Вологда: Сев.-Двинское отд. Инженерной академии РФ, 1993. – 198 с.
3. **Александров И.К.** Совершенствование сельскохозяйственных машин и агрегатов на основе энергетического анализа: Дис. д-ра техн. наук. – СПб.: Санкт Петербургский государственный аграрный университет (СПГАУ), 1993. – 414 с.
4. **Александров И.К.** Основные положения энергетического анализа машин: Учебное пособие. – Вологда: ВоПИ, 1999. – 73 с.
5. **Александров И.К.** Определение потерь в механических трансмиссиях с учетом нагрузочных режимов // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 1. – С. 20-24.
6. **Александров И.К.** Коэффициент полезного действия многозвенной кинематической цепи // Вестник машиностроения. – 2005. – № 6. – С.33-35.
7. **Александров И.К., Александров В.И.** Модернизация рас-
- чета КПД многозвенной кинематической цепи // Вестник машиностроения. – 2005. – № 7. – С. 22-23.
8. **Александров И.К.** Энергетический анализ механизмов и машин. Теоретическое и экспериментальное обоснование принципов исследования и определения энергетических потерь в механизмах и машинах: монография / И.К.Александров. – 2 изд., испр. и доп. – Вологда: ВоГТУ, 2012. – 244 с.
9. **Александров И.К.** Энергетическая неэффективность разветвленных кинематических цепей / И.К. Александров // Вестник машиностроения. – 2010. – № 4. – С. 20-28.
10. **Aleksandrov I.K.** Energy Inefficiency of Branched Kinematic Chains // ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 30, No4. – PP. 335-342.
11. **Александров И.К.** Пакет программ для персональной ЭВМ «РАКЕТ_11»: Расчет КПД и др. энергетических характеристик механических трансмиссий. – Вологда: ВоПИ, 1991. – 30 с.
12. **Александров И.К.** Определение граничного значения КПД кинематической цепи // Вестник машиностроения. – 2011. – № 6. – С. 24-25.

Говорят автопроизводители

Е.Н. Пронин,
исполнительный директор НГА

Vehicle manufacturers speak out

E.N. Pronin

С 19 по 21 июня в Болонье (Италия) прошла III Международная выставка по использованию природного газа в качестве моторного топлива. Выставка и сопровождающие ее семинары организованы Европейской газомоторной ассоциацией (ENGVA Europe).

Открытие выставки предшествовали заседание совета директоров и общее собрание членов ассоциации. Руководство ассоциации отчиталось о результатах производственно-финансовой деятельности за 2011 г.



Герхард Холтмайер

В этом году состоялось избрание нового президента и вице-президента Европейской газомоторной ассоциации на очередной трехлетний период (2012-2015 гг.). Тревор Флетчера (Hardstaff Group, Великобритания) на этом посту сменил Герхард Холтмайер (Erdgas mobil e. V., Германия). Вице-президентом ассоциации избрана Шарлотта Убер (ГДФ Суез, Франция).

Выставка газозаправочного и газоиспользующего оборудования – достаточно представительная. Компании-изготовители продемонстрировали всю гамму оборудования – от запорной арматуры до мобильных криогенных заправочных комплексов СПГ. Нельзя сказать, что были показаны какие-то «космические» технологии, однако прогресс явно налицо.



Шарлотта Убер

Италия по праву считается колыбелью мирового рынка оборудования КПП и СУГ для автомобилей. На выставке в Болонье было показано большое количество газовой топливной аппаратуры как итальянского, так и зарубежного производства (Jefferson, Landi Renzo, Tartarini, Westport, Zavoli). Ведущей тенденцией менеджмента в этом сегменте рынка является укрупнение компаний и освоение новых, ранее не свойственных им видов деятельности.

В качестве примера можно привести диверсификацию интересов известной фирмы Landi Renzo. Она не только расширяет номенклатуру, масштабы и географию бизнеса, но и нишу

своего присутствия. Landi Renzo перестает быть «монокультурной» компанией и выходит на рынок производства АГНКС. Естественно, компания укрепляет свои позиции и на рынке услуг по переоборудованию и техническому обслуживанию газобаллонных автомобилей. В автомобильном секторе LR финансирует работы по созданию газодизельных комплектов для легковых автомобилей.

Достаточно широко на выставке представлено производство АГНКС и АГНКУ. Своё оборудование предлагали компании Aspro, BRC, Chergo I&E, Coltri, Dresser, Idro meccanica, SAFE, Sicom, WEH и другие. Расширение гаммы легковых автомобилей, использующих в качестве топлива природный газ, ведет к повышению спроса на автомобильные газонаполнительные компрессорные установки (АГНКУ) индивидуального пользования (G.Eco, Coltri, Fuel Maker). Еще их называют домашними заправками. Такая установка за 5 ч заправит 80-литровый баллон (11,5 кг) с 0 до 20 МПа.

Мини-заправки получили достаточно широкое распространение в США, Франции, Германии, Японии, Нидерландах, Канаде. Сейчас в



Газодизельный Фиат с оборудованием от Landi Renzo



Газозаправочный пункт в Каменногорске

мире их насчитывается примерно 9,5 тыс. Выпуск такого оборудования освоили несколько фирм. Оно недешевое, но производители работают над снижением цены.

В России пока еще нет богатого опыта применения АГНКУ. В конце 90-х гг. XX в. ДООАО «Оргэнергогаз» осваивало такую технику и даже пыталось ее совершенствовать. А спустя годы в июне 2012 г. на Карельском перешейке в г. Каменногорске Выборгского района компания ООО «Ураган» вводит в эксплуатацию газозаправочный пункт для обслуживания 4-5 газовых автобусов, работающих по маршруту Каменногорск – Выборг. Пункт включает в себя: ГРПШ для понижения давления газа; две АГНКУ Coltri MCH-24 (Италия) производительностью 24 м³/ч каждый, суммарной производительностью 1000 м³; аккумулятор вместимостью 440 м³ газа. Для России это новая методика заправки пассажирского транспорта метаном, и ООО «Ураган» является первопроходцем на этом пути, который представляется интересным для ряда потребителей.



Баллон типа 3 компании Sinoma (Китай)

На выставке была широко представлена китайская газомоторная промышленность – производство баллонов, АГНКС, топливной газовой аппаратуры. Китай предлагает баллоны всех типов, широкий спектр компрессорного и криогенного оборудования.

К сожалению, на выставке не были показаны китайские газовые автомобили и криогенное оборудование.

Центральным мероприятием деловой программы стал семинар с участием представителей автомобильных концернов Volvo Trucks, FIAT, Solbus, Mercedes Benz, Iveco, General Motors. В семинаре также приняли участие компании Westport (поставщик газовой аппаратуры для двигателестроительных фирм) и Gazprom Germania (поставщик газа).

Volvo Trucks: Газодизельные грузовые двух- и трехосные грузовики серии FM наряду с гибридными и диметилэфировыми на данном этапе являются частью стратегии концерна Volvo по повышению экологической безопасности и экономичности своих машин. Грузовик выпускается (пока только для Швеции, Голландии и Великобритании) с 13-литровым газодизельным двигателем (мощность 338 кВт, крутящий момент 2300 Н·м, уровень замещения дизельного топлива метаном 50...80 %). Грузоподъемность – 26...60 т; вид газового топлива – СПГ; дальность пробега на одну заправку – 500...1000 км.

Концерн FIAT продолжает оставаться мировым лидером по разнообразию газовых моделей легкового класса. Кстати, в нише грузовых автомобилей пальма первенства принадлежит Группе

«КАМАЗ» (компания «Раритэк»), которая предлагает 19 моделей машин различного назначения на базе газового шасси. FIAT показал четыре модели автомобилей с универсальной (газ/бензин) системой питания двигателя:

- Пассажирский Punto – двигатель объемом 1368 см³, мощностью 52 кВт при 6000 мин⁻¹, время разгона от 0 до 100 км/ч – 16,9 с, расход метана 4,2 кг/100 км, выбросы на метане 115 г/км (на бензине 149 г/км), запас хода на одну заправку газом 310 км. Автомобиль оборудован резервным бензобаком вместимостью 45 л.

- Пассажирский Doblo – двигатель объемом 1368 см³, мощностью 88 кВт при 5000 мин⁻¹, максимальная скорость 172 км/ч, расход метана 4,9 кг/100 км, выбросы на метане 134 г/км (на бензине 173 г/км), запас хода на одну заправку газом 325 км. Автомобиль оборудован резервным бензобаком вместимостью 22 л.

- Грузопассажирский Fiorino – двигатель объемом 1368 см³, мощностью 52 кВт при 6000 мин⁻¹, максимальная скорость 149 км/ч, расход метана 4,4 кг/100 км, выбросы на метане 119 г/км (на бензине 158 г/км), запас хода на одну заправку газом 300 км. Автомобиль оборудован резервным бензобаком вместимостью 45 л.

Стратегия концерна FIAT заключается в том, чтобы предлагать покупателю газовые модификации всей гаммы выпускаемых автомобилей. Сегодня таких моделей уже



Газодизельный тягач Volvo FM на СПГ



а



б



в

Автомобили FIAT: Punto (а), Doblo (б) и Fiorino (в) на КПГ

восемь. В 2013 г. на рынок выйдет новая Panda Van грузоподъемностью 0,9 т и турбированным двигателем мощностью 59 кВт. Уровень выбросов нового автомобиля будет не более 85 г/км (Евро-5).

Компания Chrysler уже давно по достоинству оценила свойства природного газа. По заявлению представителя компании, главными причинами такого выбора стали:

- возможность повышения энергетической безопасности на фоне нехватки нефти;
- самое чистое топливо на настоящий момент и единственная реальная альтернатива бензину и дизельному топливу;
- самое дешевое топливо;
- стратегический ресурс, обеспечивающий мягкий переход от ископаемых видов моторного топлива к возобновляемым (биометан, биоэтанол, водород).

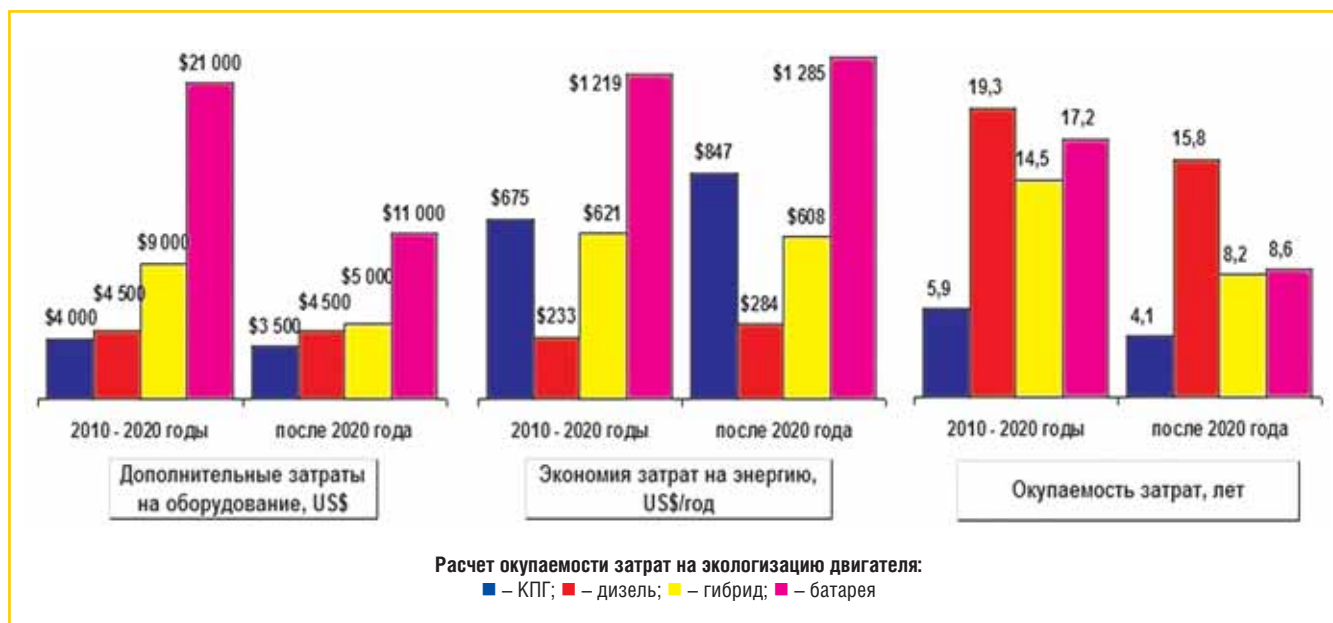
Компания провела экономический анализ двигательных технологий для легковых автомобилей (дизельная, метановая, гибридная и электрическая от аккумуляторной батареи) с точки зрения потребителя: дополнительные затраты в настоящее время и после 2020 г. за соблюдение требований по выбросам и срок их окупаемости. Вывод совершенно очевиден – только природный газ дает приемлемый комбинированный эколого-экономический результат (рисунок).

Данные компании Chrysler свидетельствуют о том, что в ближайшие 10 лет затраты на повышение экологической безопасности силовых установок легковых автомобилей могут окупиться только при использовании природного газа. Остальные технологии лежат за пределами срока обновления машины. Едва ли кто-то в современном мире будет эксплуати-

ровать легковой автомобиль в течение восьми и более лет.

Консорциум FIAT-Chrysler с 1997 г. освоил заводской выпуск семи моделей легковых автомобилей, восьми моделей коммерческих пикапов/минивэнов, пяти моделей грузовиков среднего и тяжелого класса, четырех моделей автобусов. За эти годы консорциум продал 400 тыс. газовых легковых машин и пикапов (80 % от всех газовых машин, проданных в Европе в данном сегменте), 10 тыс. автобусов и мусоровозов (50 % продаж) в основном в Италии, Франции, Испании и Греции, 2 тыс. газовых двигателей для автопроизводителей в странах Европы, Китая, Дальнего Востока и Латинской Америки.

Заключительный вывод представителя консорциума: на ближайшие 15 лет природный газ останется стратегическим выбором для FIAT-Chrysler. Кстати, всего полтора





Автобусы на природном газе в центре Болоньи

года назад руководитель консорциума Серджо Маркьоне говорил: «В США имеются значительные запасы природного газа. Технологии применения КПГ можно использовать без значительных разработок и затрат. FIAT уже располагает портфелем атмосферных и турбонадувных двигателей на КПГ. Chrysler ведет активный поиск решений, которые привлекут внимание покупателей к этой технологии».

Компания Iveco уже 18 лет успешно работает в области метанизации автомобилей тяжелого класса. Применение природного газа и биометана является частью интегрированной стратегии Iveco по достижению экологической устойчивости транспорта. На традиционных дизельных

двигателях компания стремится обеспечить соответствие нормам выбросов Евро-6. В области альтернативных силовых агрегатов Iveco работает с электрическими и гибридными (параллельные и последовательные) схемами. В области альтернативных видов моторного топлива компания Iveco сосредоточила внимание на трех направлениях: метано-водородных смесях, биотопливе нового поколения и природном газе.

По словам представителя Iveco, «из всех технологий, рассматриваемых как приемлемая альтернатива нефтяному топливу в секторе коммерческих автомобилей, только компримированный природный газ сохраняет устойчивый рост». Компания выпускает и продает грузовики,

автобусы и мусоровозы, оборудованные двигателями на этом топливе: Sofim F1C (объем 3000 см³, 100 кВт), Tector 6 (объем 5900 см³, 147 кВт) и Cursor 8 (объем 7800 см³, 199/243 кВт). А с 2005 г. компания начала работать со сжиженным природным газом.

Специалисты Iveco пришли к следующим выводам:

- совершенствование дизельного двигателя до уровня требований Евро-6 более сложное и дорогостоящее, чем переход на использование природного газа;
- автомобили на КПГ будут оставаться лучшим решением для сокращения загрязняющих выбросов муниципальной техники до минимальных уровней;
- сжиженный природный газ является эффективным топливом для дальнего транспорта.

В заключение следует отметить, что Италия не только мировая колыбель массового использования природного газа на транспорте, но и европейский лидер в этой области. Сейчас здесь почти 800 тыс. автомобилей на метане и более 800 АГНКС. Муниципалитет Болоньи активно приобретает газовые автобусы взамен дизельных. Вероятно, решение Всемирной организации здравоохранения от 12 июня 2012 г. о признании отработавших газов дизельных двигателей канцерогенными приведет к еще большему росту парка метановых машин в Болонье и других городах Италии.

А в России?



Магистральный тягач Iveco Strali на КПГ

Передвижные средства снабжения КПГ

С.П. Семенищев,

генеральный директор ООО НПП «Высокие технологии для Газпрома»
(ООО «НПП «ВТГ»), к.т.н.,

В.П. Глухов,

главный технолог ООО «НПП «ВТГ», к.т.н.

Рассмотрен наиболее простой и эффективный способ газоснабжения для ускорения перевода транспортных средств на сжатый природный газ за счет более широкого применения передвижных средств доставки газа. Приведены анализ эксплуатирующихся передвижных автомобильных газозаправщиков различных конструктивных исполнений на основе баллонов разных типов, а также рекомендации по совершенствованию разработки и созданию передвижных средств газоснабжения автопарков, производств и населенных пунктов.

Ключевые слова: транспортные средства, сжатый природный газ, передвижные автомобильные газозаправщики, газобаллонные автомобили, автомобильные газонаполнительные компрессорные станции, баллоны высокого давления.

Mobile money supply compressed natural gas users

S.P. Semenishchev, V.P. Glukhov

Considered the most simple and effective way to supply CNG in order to accelerate the transfer of vehicles to CNG due to more widespread use of mobile equipment supply. The analysis of operated mobile auto gas tankers of various of designs based on different types of cylinders. Recommendations for improving the design and creation of mobile equipment fleet supply, industries and localities.

Keywords: vehicle, compressed natural gas, portable gas vehicle refueling, gas-cylinder cars, automobile gas-filling compressor stations, high pressure cylinders.

генен); при работе на метане значительно снижаются вредные выбросы (сажа, токсичные вещества, угарный газ) в окружающую среду; в 1,3 раза увеличивается межремонтный пробег двигателя; решается проблема недостатка и хищения топлива на автомобилях.

Несмотря на столь явные преимущества КПГ позиции России в рейтинге стран, использующих КПГ для ГБА, за последнее время не только не повысились, а даже снизились – Россия с десятого места опустилась на двадцатое [1].

Сдерживающие факторы использования КПГ для ТС в России приведены ниже [3].

1. Отсутствие достаточного числа АГНКС. В некоторых населенных пунктах с большим количеством ТС расстояние от потребителей до ближайших АГНКС составляет не один десяток километров. Поездка на заправку при таких расстояниях экономически нецелесообразна. В связи с этим загрузка многих существующих АГНКС в России составляет всего 12...15 % от их номинальной мощности.

2. Отсутствие действующей системы стимулирования, направленной на расширение строительства АГНКС и использование КПГ в качестве газомоторного топлива.

3. Проблемы при строительстве новых АГНКС, в числе которых – длительный период прохождения экспертизы проектов, необходимость наличия вблизи строительства АГНКС магистральных газопроводов, согласование с поставщиками газа о выделении необходимых объемов газа для подключения АГНКС, высокие удельные затраты на строительство и эксплуатацию АГНКС и др.

4. Невозможность в ближайшем будущем при столь обширных размерах нашей страны создать разветвленную сеть АГНКС на всей ее территории.

Выход из создавшейся ситуации – более широкое использование передвижных средств газоснабжения, в частности передвижных автомобильных газозаправщиков (ПАГЗ), в дополнение к существующим и строящимся АГНКС.

Применение ПАГЗов позволяет:

Вряду альтернативных видов топлива для транспортных средств (ТС) наиболее широко используется сжатый природный газ (КПГ). Во всем мире отмечается значительный рост его потребления для ТС. На сегодняшний день, например, парк газобаллонных автомобилей (ГБА) достиг 13 млн ед., число действующих автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) составляет 19290 ед. В России к концу 2011 г. работало 252 АГНКС, число ГБА достигло 86 тыс. ед. [1]. По данным

некоторых экспертных организаций, мировой парк ГБА к 2020 г. составит 60 млн ед.

Такие высокие темпы роста числа ГБА в мире объясняются явными достоинствами использования метана вместо нефтяных видов топлива [2]: метан в 2,6 раза дешевле бензина; он более безопасен в использовании (высокий нижний предел пожарной концентрации, высокая температура самовоспламенения, низкая чувствительность к возбудению взрывных процессов, не токсичен, не канцеро-

- увеличить загрузку имеющихся и строящихся АГНКС;
- сгладить неравномерность суточного потребления газа на АГНКС;
- дублировать работу АГНКС на время их ремонта;
- организовать быструю доставку газа непосредственно потребителям (пассажирский и грузовой транспорт в автохозяйствах, работающая сельхозтехника в поле и др.);
- обеспечить бесперебойную доставку КПП на многопливные автомобильные заправочные станции;
- привлечь дополнительно новых потребителей КПП, которых не удовлетворяет существующая сеть АГНКС;
- использовать в качестве резервных источников питания газом непрерывных производств и т.п.

В настоящее время в России эксплуатируются более сотни ПАГЗов, значительно различающихся по объему перевозимого газа, габаритам и массе, типу используемых баллонов и транспортировщиков, конструктивному исполнению.

Основным элементом ПАГЗов являются баллоны высокого давления. Используются баллоны четырех типов по ГОСТ Р 51753 и ISO 11439. Большинство ПАГЗов созданы на базе баллонов 1-го и 2-го типов вместимостью до 400 л и более. Баллоны 1-го типа изготавливаются из углеродистой или легированной стали, 2-го типа – из стали с кольцевой намоткой композиционного материала. Коэффициент массового совершенства таких баллонов при давлении 24,5 МПа составляет 1,0...1,2.

Основными недостатками этих ПАГЗов являются:

1. Большая масса при использовании тяжелых стальных баллонов. Например, при объеме транспортируемого газа до 5 тыс. м³ с применением баллонов на давление 24,5 МПа общая масса ПАГЗа в заправленном состоянии может достигать 35...40 т (ПАГЗы ОАО «Казанское опытно-конструкторское бюро «Союз», итальянской фирмы «ИНДИНИТИ» и др.). Большая масса увеличивает эксплуатационные расходы и создает определенные проблемы при движении ПАГЗов по дорогам, особенно в зимнее время.

2. Необходимость проведения в соответствии с требованиями ПБ 03-576-03 технического освидетельствования баллонов каждые 3...5 лет. Для этого баллоны должны быть демонтированы и направлены на техническое освидетельствование в организацию, имеющую лицензию на проведение такого вида работ.

Процесс технического освидетельствования каждого баллона весьма затратный. Помимо наружного и внутреннего осмотров, необходимо гидравлическое испытание пробным давлением.

С учетом демонтажа баллонов, транспортировки их на освидетельствование и обратно, а также с учетом самого освидетельствования и последующего монтажа в ПАГЗы общие затраты становятся весьма значительными. Кроме того, ПАГЗ выводится из эксплуатации на достаточно большой период времени.

При гарантированном сроке службы баллонов в 15 лет эту операцию необходимо выполнить 3...5 раз. В итоге эти дополнительные затраты могут быть сопоставимы с первоначальной стоимостью ПАГЗа.

Однако баллоны 1-го и 2-го типов наиболее дешевые по сравнению с баллонами 3-го и 4-го типов.

Лучшими массогабаритными и эксплуатационными показателями характеризуются ПАГЗы с использованием баллонов 3-го типа (металлический лейнер, например, из алюминиевого

сплава с намоткой композиционного материала типа «кокон»). Коэффициент массового совершенства таких баллонов 0,60...0,65 при давлении 24,5 МПа. Срок службы баллонов – 20 лет, техническое освидетельствование – 1 раз через 10 лет.

Наиболее высокие показатели имеют ПАГЗы с использованием баллонов 4-го типа, например, фирмы Xperion (ФРГ) [4].

В баллонах этого типа лейнер выполнен из полимерного материала с намоткой композиционного материала по всей поверхности. Баллоны имеют минимальную массу и коэффициент массового совершенства 0,42 при давлении 24,5 МПа. Срок службы баллонов 20 лет, за время эксплуатации проведение технического освидетельствования не требуется. Баллоны взрывобезопасны, не подвержены коррозии.

Баллоны 4-го типа наиболее дорогие. Производство таких баллонов в России практически отсутствует. При поставках из-за рубежа на стоимость баллонов оказывают значительное влияние высокие таможенные сборы.

Технико-экономические показатели ПАГЗа улучшаются при использовании баллонов, рассчитанных на более высокие рабочие давления – 32 и 40 МПа. Во всех ПАГЗах должна быть предусмотрена защита баллонов от атмосферных воздействий (тент, контейнер и др.), особенно это касается баллонов 2-4-го типов.

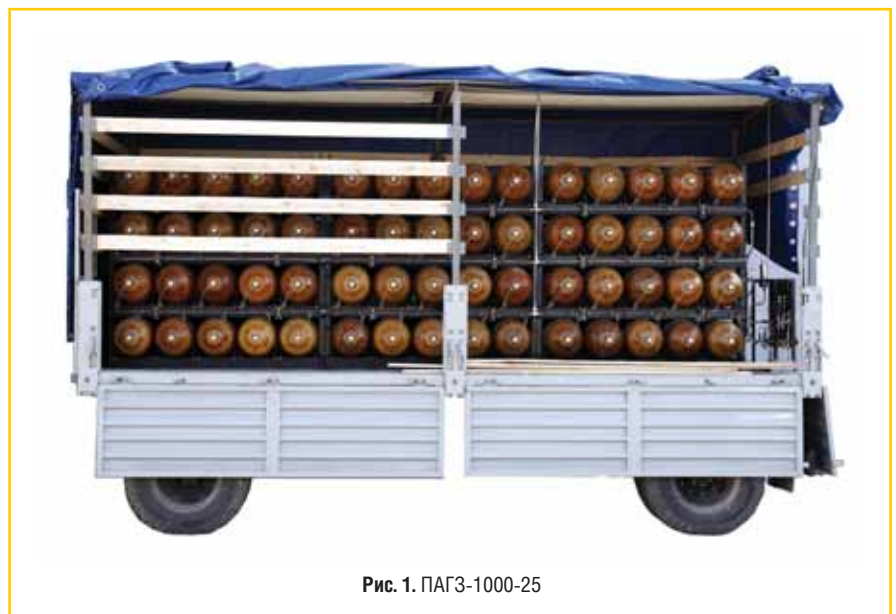


Рис. 1. ПАГЗ-1000-25



Рис. 2. ПАГЗ 1680-К-25КМУ

Тип баллонов при разработке конструкций ПАГЗ следует выбирать с учетом вышесказанного, при этом следует помнить, что «скупой платит дважды».

Разработкой и изготовлением ПАГЗов в России занимаются многие организации. Поскольку в нашей стране отсутствуют единые требования к конструкции ПАГЗов, их создатели руководствуются, в основном, принципами минимальных затрат, что не всегда согласуется с требованиями безопасности и минимизации эксплуатационных расходов.

Практически каждый ПАГЗ – это оригинальная конструкция, он разрабатывается и изготавливается по индивидуальному проекту, что приводит к большому разнообразию конструкций ПАГЗов.

По способу выдачи сжатого газа различают ПАГЗы с пассивной (без дожимающего компрессора) и активной (с дожимающим компрессором) выдачей газа. Степень опорожнения баллонов при этом 0,65 и 0,92 соответственно. Повышение степени опорожнения баллонов при отсутствии дожимающего компрессора может быть достигнуто за счет секционирования газобаллонной установки ПАГЗа [4].

По типу используемых транспортных средств ПАГЗ изготавливаются на базе прицепов, полуприцепов, грузовых автомобилей, полуприцепов с краноманипуляторной установкой или кантователем. Тип транспортного средства обычно выбирают в соответствии с требуемыми

объемом перевозимого газа, возможностью размещения на нем дожимающего компрессора и других устройств, удобствами обслуживания и т.п.

По способу установки баллонов в рамной конструкции различают ПАГЗы с горизонтальной и вертикальной установкой баллонов. Наибольшее распространение получили ПАГЗы с горизонтальным размещением баллонов.

По типу защиты баллонов от атмосферных воздействий различают ПАГЗы с защитными устройствами в виде тентов (мягкая конструкция) или размещением баллонов в контейнерах (жесткая конструкция). Наиболее простым и достаточно удобным вариантом защиты баллонов от

атмосферных воздействий является использование специальных тентов.

Разнообразие созданных конструкций ПАГЗов позволяет накопить определенный опыт по разработке, изготовлению и эксплуатации ПАГЗов для дальнейшего их совершенствования. Вместе с тем оригинальность конструкции – это значительное удорожание изделия за счет необходимости разработки новой документации, изготовления его в условиях единичного производства.

За последние годы специалистами ООО НПП «Высокие технологии для Газпрома» (ООО «НПП «ВТГ») разработаны, изготовлены и успешно эксплуатируются различные ПАГЗы на базе баллонов 3-го типа (лейнер из коррозионностойкого алюминиевого сплава) вместимостью до 185 л с рабочим давлением 24,5 МПа. Размещение баллонов в раме ПАГЗа – горизонтальное, защита от атмосферных воздействий – специальными тентами.

- ПАГЗ 1000-25 на прицепе, без дожимающего компрессора, используется в Новосибирске с 2008 г. (рис. 1).
- ПАГЗ 1680-К-25КМУ с пятью автономными модулями по 560 м³ на полуприцепе без дожимающего компрессора с краноманипуляторной установкой для разгрузки и загрузки модулей, эксплуатируется ООО «Газпром трансгаз Саратов» в Саратове с 2010 г. (рис. 2). Всего в системе



Рис. 3. ПАГЗ 2700-25



Рис. 4. ПАГЗ-метановоз контейнерный

обеспечения потребителей КПП за- действовано девять модулей.

- ПАГЗ 2700-25 на полуприцепе с дожимающим компрессором, эксплуатируется ООО «Газпром трансгаз Самара» в Самаре с 2011 г. (рис. 3) и др.

С учетом опыта работы этих ПАГЗов легко и быстро с минимальными затратами могут быть разработаны модули и ПАГЗы на другие объемы перевозимого газа.

- ПАГЗ-метановоз контейнерный (с баллонами 4-го типа), способный перевозить в 6-метровом контейнере до 6 тыс. м³, в 12-метровом – до 12 тыс. м³, в 14-метровом – до 13,5 тыс. м³ КПП (рис. 4).

ПАГЗ модульного типа (см. рис. 2) перевозит несколько газобаллонных быстроразъемных модулей. Каждый модуль (объем перевозимого газа 560-1000 м³) снабжен устройством заправки и выдачи газа и поэтому в работе автономен. Перевозить модули можно любым транспортом, оборудованным для перевозки опасных грузов, а также тягачами, оснащенными краноманипуляторными установками. При отсутствии на ПАГЗах этой установки загрузка и разгрузка модулей может быть осуществлена любым автомобильным краном или кантователем.

При таком подходе к созданию ПАГЗов повышается мобильность доставки газа. Газ просто и легко можно подавать в любое место – в автохозяйство, к работающей сельхозтехнике в поле, на конечные остановки городских автобусов и т.п. При этом в работе может быть задействовано достаточно большое число модулей, что позволяет обслуживать одним ПАГЗом значительное количество потребителей газа, находящихся в различных местах и на довольно большом расстоянии от АГНКС.

Повысить эффективность работы модулей можно с помощью установки дожимающих компрессоров в местах значительного потребления газа.

ПАГЗы модульного типа достаточно удобны также для доставки на промышленные предприятия технических газов – азота, гелия, водорода, кислорода и т.д.

К основным проблемам, возникающим при разработке и изготовлении ПАГЗа, можно отнести:

- необходимость согласований доработки конструкции транспортировщика с целью надежного закрепления рамы газобаллонной установки или газовых модулей (согласование с разработчиками и изготовителями);

- трудности в комплектовании ПАГЗов запорно-регулирующей арматурой высокого давления (клапаны, вентили, редукторы и др.) в связи с ограниченным числом производителей, большим сроком изготовления и поставки, высокой стоимостью и т.п.;

- ограниченный выбор производителей баллонов высокого давления для комплектования ПАГЗов.

Баллоны 3-го типа (одни из наиболее подходящих для комплектования ПАГЗов) серийно выпускает всего одно предприятие (фактор монополизма). Баллоны 4-го типа планирует серийно выпускать с 2014 г. компания ООО «Ругазко» (г. Нижний Новгород).

Таким образом, на данном этапе развития страны ускорение перевода ТС на КПП, по нашему мнению, наиболее просто может быть достигнуто путем более широкого использования ПАГЗов на основе баллонов 3-го и 4-го типов как с пассивной, так и активной выдачей сжатого газа.

Для этого необходимо принять следующие меры:

- разработать на государственном уровне единые требования к ПАГЗам;
- стимулировать организации, занимающиеся разработкой и изготовлением ПАГЗов, а также их эксплуатацией;
- разработать типовые конструкции ПАГЗов как с пассивной, так и активной выдачей газа потребителям;
- наладить серийный выпуск надежной и дешевой запорно-регулирующей арматуры на высокое давление;
- организовать в более широких масштабах производство баллонов 3-го типа, создать производство баллонов 4-го типа.

Подводя итог, можно утверждать, что одним из наиболее эффективных способов газоснабжения КПП по затратам времени и финансам является применение ПАГЗов, различных по объему доставляемого газа, способу заправки и опорожнения. Предлагаемая гамма созданных ПАГЗов, перевозящих от 560 до 13500 м³ КПП, способна экономически эффективно и в короткие сроки решить проблему газозаправки автопарка, газоснабжения производств и населенных пунктов. Оптимальным с точки зрения затрат на создание, эксплуатацию и удобства применения, по нашему мнению, является использование конструкций ПАГЗов модульного типа [5, 6].

Литература

1. Мировой парк ГБА и АГНКС (декабрь 2011 г.) // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 1 (25). – С. 58-59.
2. Батыршин Р.Р., Гатиятов А.А. Автотехника ОАО «КАМАЗ» на природном газе // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 1 (25). – С. 42-43.
3. Аксютин О.Е. Актуальные задачи по замене муниципального автотранспорта автомобилями на газомоторном топливе и расширению сети газовых заправок // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 1 (25). – С. 33-36.
4. Баллоны фирмы Xperion, ФРГ. Сайт www.xperion.de.
5. Мовчан Е.П., Леонов В.Н., Семенищев С.П. О новой концепции создания многотопливных АЗС с пунктом заправки транспортных средств КПП // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. – № 4 (4). – С. 54-56.
6. ООО «Научно-производственное предприятие «Высокие технологии для Газпрома», г. Ижевск. Сайт www.vtg-gas.ru.

Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии

В.А. Лиханов,
профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА», д.т.н.,
О.П. Лопатин,
доцент кафедры ФГБОУ ВПО «Вятская ГСХА», к.т.н.

Приведены результаты исследования тракторного дизеля Д-240 (4Ч 11,0/12,5) для улучшения экологических показателей путем применения этанола-топливной эмульсии. Установлена возможность улучшения экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии, в частности, снижения оксидов азота в ОГ, экономии дизельного топлива, повышения эффективных показателей.

Ключевые слова: дизель, этанола-топливная эмульсия, оксиды азота.

lowering of the content of nitrogen oxide in the completed diesel engine gases 4Ч 11,0/12,5 by applying ethanol fuel emulsions

V.A. Lihanov, O.P. Lopatin

Probes of tractor diesel engine D-240 are carried out in the Vjatsky state agricultural academy (4Ч 11,0/12,5) for improvement of ecological indexes by application of ethanol fuel emulsion. On the basis of the made laboratory-bench probes of working process of a tractor diesel engine 4Ч 11,0/12,5 at operation on ethanol fuel emulsion possibility of improvement of ecological indexes of a diesel engine by application of ethanol fuel emulsion, in particular lowerings of nitrogen oxide in EG, saving of solar oil, heightening of effective indexes is erected.

Keywords: diesel, ethanol fuel emulsions, nitrogen oxide.

Экспериментальные исследования по улучшению экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на этанола-топливной эмульсии (ЭТЭ) путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах (ОГ) проведены на базе научно-исследовательской

лаборатории кафедры ДВС Вятской ГСХА с целью определения и оптимизации основных параметров работы дизеля при использовании ДТ и ЭТЭ.

Испытания показали, что дизель устойчиво работает на ЭТЭ при следующем соотношении (%) на

номинальном режиме: этанол – 25, вода – 7, ДТ – 67,5, С-5А – 0,5.

Для исследования особенностей сгорания топлива в дизеле 4Ч 11,0/12,5 при его работе на ЭТЭ индцировался процесс сгорания на номинальном скоростном режиме при частоте вращения $n=2200$ мин⁻¹ и на максимальном крутящем моменте с частотой вращения $n=1700$ мин⁻¹. Нагрузки при работе дизеля на ЭТЭ устанавливались такими же, как и при работе на ДТ, чем обеспечивалось поддержание одинаковых значений среднего эффективного давления при работе дизеля на ЭТЭ и ДТ, что было необходимо для сравнения этих двух процессов.

Как следует из графиков (рис. 1а), максимальное объемное содержание оксидов азота $r_{NOx\ max}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ составляет 1250 ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{NOx\ max}=1,80$ г/м³ при $\varphi_i=18,2^\circ$ п.к.в. после в.м.т. Объемное содержание оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\varphi_i=124^\circ$ п.к.в. после в.м.т. $r_{NOx}=965$ ppm, при массовой концентрации $C_{NOx}=1,39$ г/м³.

При работе дизеля на ЭТЭ $r_{NOx\ max}=950$ ppm, $C_{NOx\ max}=1,29$ г/м³ при $\varphi_i=16,8^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент открытия выпускного клапана $\varphi_i=124,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. $r_{NOx}=730$ ppm при $C_{NOx}=0,99$ г/м³.

Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $r_{NOx\ max}$ на 300 ppm, или на 24,0 %, а также массовой концентрации $C_{NOx\ max}$ на 0,51 г/м³, или на 28,3 %. Разница между значениями объемного содержания r_{NOx} и массовой концентрации C_{NOx} оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана

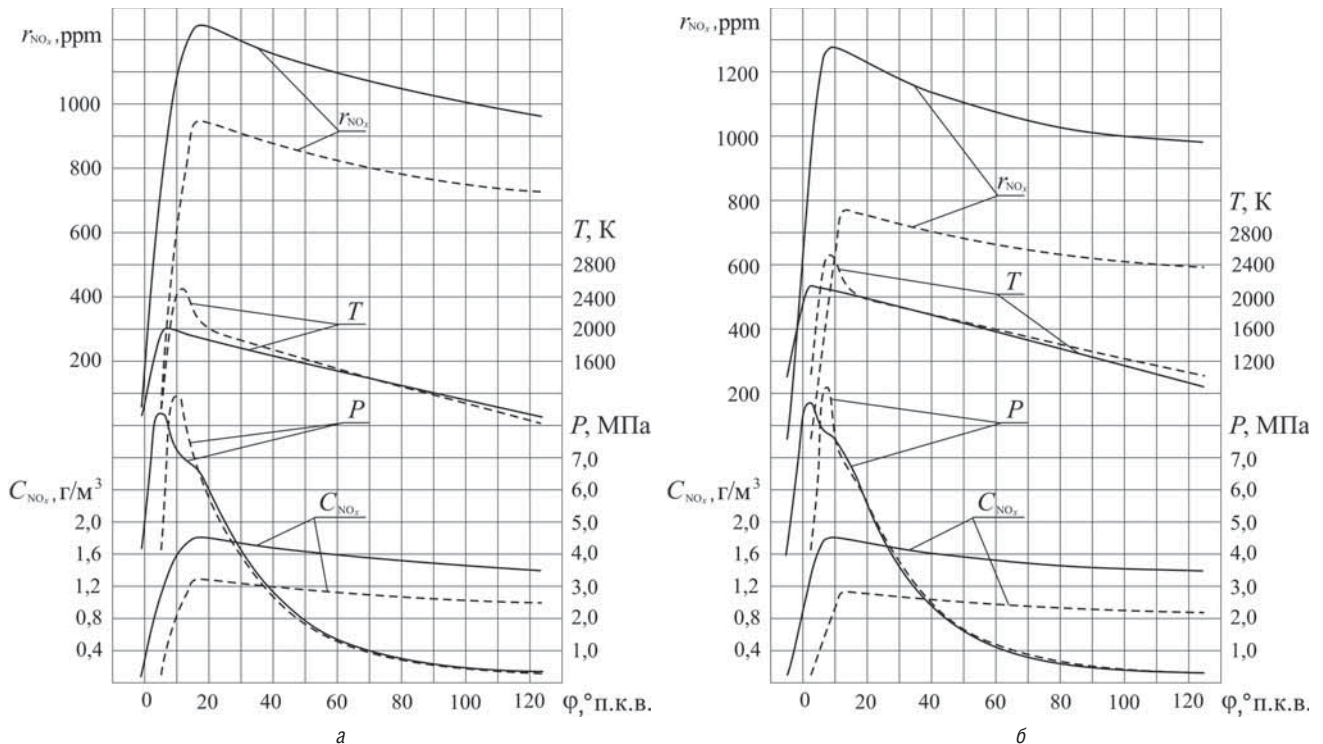


Рис. 1. Влияние применения ЭТЭ на показатели процесса сгорания, объемное содержание r_{NO_x} и массовую концентрацию C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре дизеля 4С 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в двигателя при установочном угле опережения впрыска топлива (УОВТ) $\Theta_{\text{впр}} = 23^\circ$ до в.м.т.: а – $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$, $p_g = 0,64 \text{ МПа}$; б – $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_g = 0,76 \text{ МПа}$; — — дизельный процесс; - - - - ЭТЭ

составляет соответственно 235 ppm и $0,40 \text{ г/м}^3$, что ниже дизельного процесса на 32,2 и 28,8 %.

Для сравнения показателей содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при переходе с ДТ на ЭТЭ рассмотрим объемное содержание r_{NO_x} и массовую концентрацию C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре при постоянном объеме цилиндра, то есть при одинаковом положении коленчатого вала. При $\phi_i = 18,2^\circ$ п.к.в. после в.м.т. и при работе на ДТ $r_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1250 \text{ ppm}$, $C_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1,80 \text{ г/м}^3$. При переходе на ЭТЭ $r_{\text{NO}_x} = 948 \text{ ppm}$, что ниже на 24,2 %, а $C_{\text{NO}_x} = 1,29 \text{ г/м}^3$, что ниже на 28,3 %.

Как следует из графиков (рис. 1б), максимальное объемное содержание оксидов азота в цилиндре при работе дизеля на ДТ $r_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1280 \text{ ppm}$, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1,82 \text{ г/м}^3$ при $\phi_i = 8,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент

открытия выпускного клапана $\phi_i = 124,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. объемное содержание оксидов азота в цилиндре r_{NO_x} составляет 980 ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NO}_x} = 1,40 \text{ г/м}^3$.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное объемное содержание оксидов азота в цилиндре $r_{\text{NO}_x \text{ max}} = 770 \text{ ppm}$, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1,13 \text{ г/м}^3$ при $\phi_i = 12,5^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент открытия выпускного клапана $\phi_i = 124,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. объемное содержание в цилиндре оксидов азота $r_{\text{NO}_x} = 592 \text{ ppm}$ при массовой концентрации оксидов азота $C_{\text{NO}_x} = 0,87 \text{ г/м}^3$. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимального объемного содержания $r_{\text{NO}_x \text{ max}}$ на 39,8 % и массовой концентрации на 37,9 %. Разница между значениями объемного содержания r_{NO_x} и массовой

концентрации C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 388 ppm и $0,53 \text{ г/м}^3$, что ниже дизельного процесса на 39,6 и 37,9 % соответственно.

Как следует из графиков (рис. 2а), максимальное объемное содержание оксидов азота в цилиндре при работе дизеля на ДТ $r_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1360 \text{ ppm}$, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1,96 \text{ г/м}^3$ при $\phi_i = 10,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент открытия выпускного клапана $\phi_i = 124^\circ$ п.к.в. после в.м.т. объемное содержание в цилиндре оксидов азота $r_{\text{NO}_x} = 1045 \text{ ppm}$ при массовой концентрации $C_{\text{NO}_x} = 1,49 \text{ г/м}^3$.

При работе дизеля на ЭТЭ максимальное объемное содержание оксидов азота в цилиндре $r_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1050 \text{ ppm}$, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NO}_x \text{ max}} = 1,41 \text{ г/м}^3$ при $\phi_i = 14,4^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент

открытия выпускного клапана $\varphi_i=124,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. объемное содержание оксидов азота в цилиндре $r_{NO_x}=800$ ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{NO_x}=1,09$ г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимального объемного содержания $r_{NO_x \max}$ на 310 ppm, или на 22,8 %, массовой концентрации $C_{NO_x \max}$ на 0,55 г/м³, или на 28,1 %. Разница между значениями объемного содержания r_{NO_x} и массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана составляет 245 ppm и 0,40 г/м³, что ниже дизельного процесса на 23,5 и 26,9 % соответственно.

Как следует из графиков (рис. 2б), при работе дизеля на ДТ максимальное объемное содержание оксидов азота в цилиндре $r_{NO_x \max}=1380$ ppm, максимальная массовая концентрация оксидов азота $C_{NO_x \max}$ составляет 1,96 г/м³

при $\varphi_i=7,2^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент открытия выпускного клапана $\varphi_i=124,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. объемное содержание оксидов азота в цилиндре r_{NO_x} составляет 1060 ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{NO_x}=1,51$ г/м³.

При работе дизеля на ЭТЭ $r_{NO_x \max}$ составляет 910 ppm, максимальное значение массовой концентрации оксидов азота $C_{NO_x \max}$ – 1,33 г/м³ при $\varphi_i=10,8^\circ$ п.к.в. после в.м.т. В момент открытия выпускного клапана $\varphi_i=124,0^\circ$ п.к.в. после в.м.т. объемное содержание оксидов азота в цилиндре r_{NO_x} составляет 795 ppm при массовой концентрации оксидов азота $C_{NO_x}=1,02$ г/м³. Таким образом, при работе дизеля на ЭТЭ происходит снижение максимальных значений объемного содержания $r_{NO_x \max}$ на 34,1 % и массовой концентрации на 32,1 %. Разница между значениями объемного содержания r_{NO_x} и массовой концентрации C_{NO_x} оксидов азота в цилиндре

в момент открытия выпускного клапана составляет 265 ppm и 0,49 г/м³, что ниже дизельного процесса на 25,0 и 32,5 % соответственно.

Скоростные характеристики изменения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 на оптимальном установочном УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала представлены на рис. 3.

Анализируя изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при переходе с ДТ на ЭТЭ при его работе на оптимальном установочном УОВТ в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала, можно отметить следующее. Происходит значительное снижение содержания оксидов азота при работе дизеля на ЭТЭ во всем диапазоне изменения частоты вращения. Так, при $n=1200$ мин⁻¹ содержание NO_x снижается с 1175 ppm при работе

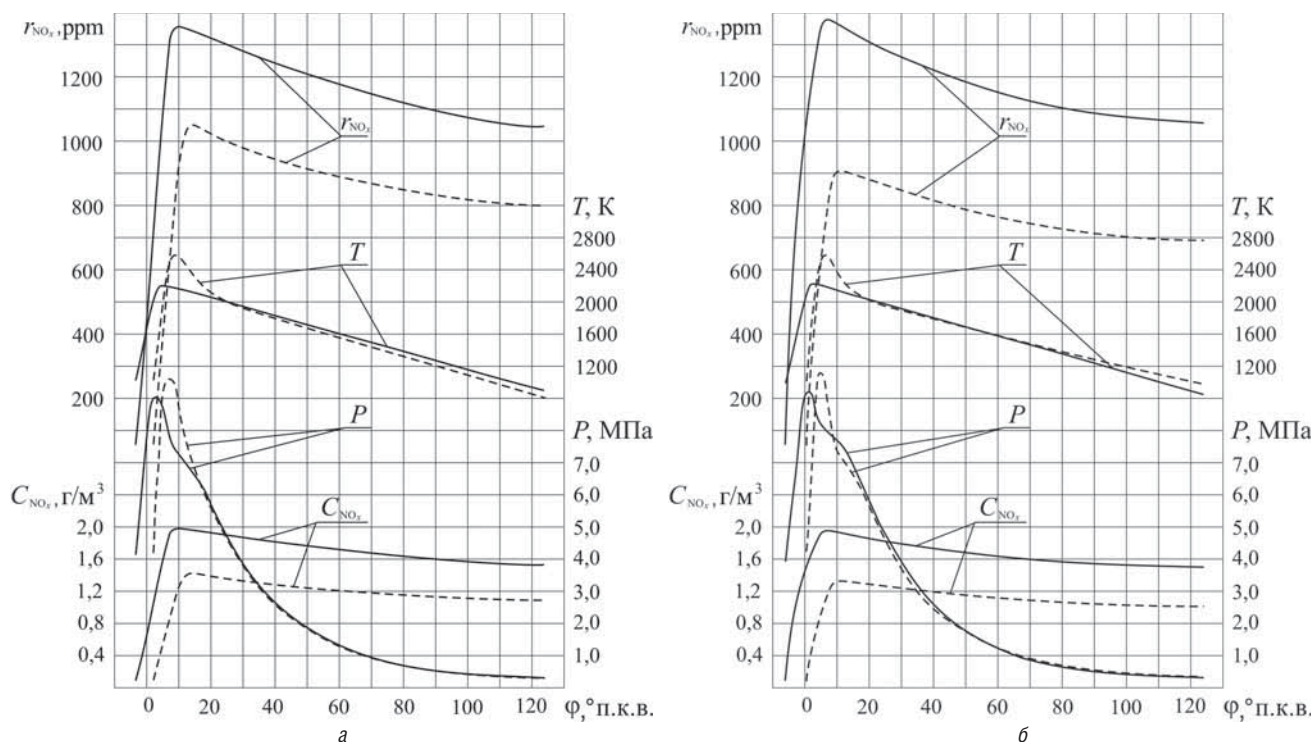


Рис. 2. Влияния применения ЭТЭ на объемное содержание r_{NO_x} и массовую концентрацию C_{NO_x} оксидов азота в отработавших газах и показатели процесса сгорания в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла п.к.в. двигателя при УОВТ $\Theta_{впр} = 26^\circ$ до в.м.т.: а – $n = 2200$ мин⁻¹, $p_e = 0,64$ МПа; б – $n = 1700$ мин⁻¹, $p_e = 0,69$ МПа; — — дизельный процесс; - - - - ЭТЭ

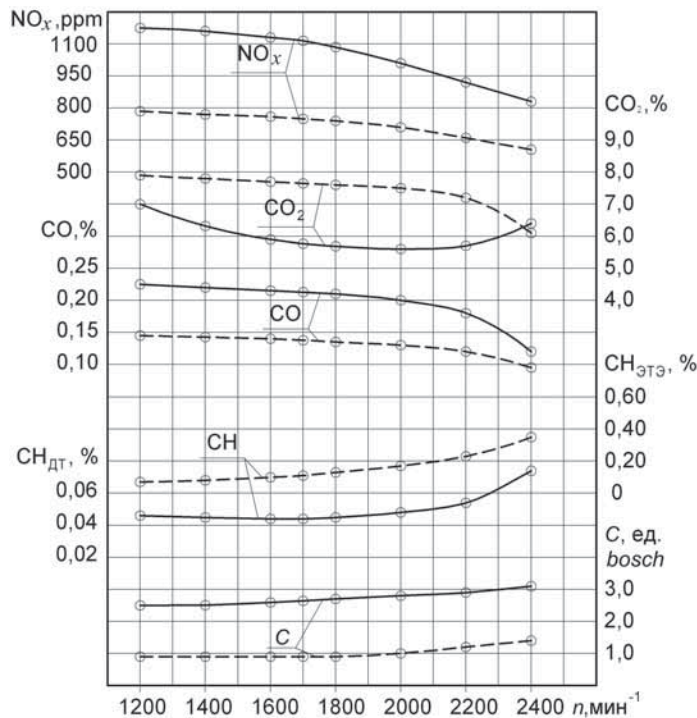


Рис. 3. Влияние применения ЭТЭ на токсические показатели дизеля 4С 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения коленчатого вала: — — дизельный процесс; - - - - - ЭТЭ

дизеля на ДТ до 785 ppm при его работе на ЭТЭ. Снижение составляет 33,2 %. При $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ содержание NO_x при работе дизеля на ДТ составляет 830 ppm, а при его работе на ЭТЭ – 605 ppm. Снижение составляет 27,1 %.

Содержание CH в ОГ при работе дизеля на ЭТЭ повышается. Так, при работе на дизельном топливе на частоте вращения $n=1200 \text{ мин}^{-1}$ содержание CH составляет 0,046 %, а при работе на ЭТЭ – 0,07 %. При работе на дизельном топливе с частотой вращения $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ содержание CH составляет 0,074 %, а при работе на ЭТЭ – 0,35 %.

Содержание CO_2 при работе на дизельном топливе с частотой вращения $n=1200 \text{ мин}^{-1}$ составляет 7,0 %, а при работе на ЭТЭ – 7,9 %. На частоте вращения $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ эти показатели снижаются соответственно до 6,4 и 6,1 %, то есть снижение составляет 4,7 %.

При переходе дизеля на ЭТЭ происходит снижение содержания CO . Так, на дизельном топливе при частоте вращения $n=1200 \text{ мин}^{-1}$ содержание CO составляет 0,23 %, а при работе на ЭТЭ – 0,15 %, что ниже на 34,78 %. На частоте вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ при работе на дизельном топливе содержание CO равно 0,12 %, а при работе на ЭТЭ – 0,10 %, то есть снижение составляет 16,7 %.

Существенно уменьшается в ОГ содержание сажи при работе дизеля на ЭТЭ во всем диапазоне изменения частоты вращения. Так, при $n=1200 \text{ мин}^{-1}$ при работе дизеля на ДТ дымность составляет 2,5 ед. по шкале Bosch, а при работе дизеля на ЭТЭ – 0,9 ед. по шкале Bosch.

При увеличении частоты вращения до $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ значения дымности соответственно равны 3,1 и 1,4 ед. по шкале Bosch, то

есть этот показатель снижается более чем в 2 раза.

Анализируя изменение содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля 4С 11,0/12,5 при переходе с ДТ на ЭТЭ, отметим, что при работе дизеля на ЭТЭ во всем скоростном диапазоне содержание в ОГ дизеля оксида углерода CO уменьшается, диоксида углерода CO_2 и суммарных углеводородов CH повышается.

При этом значительно снижаются содержание оксидов азота NO_x и дымность ОГ.

На основании проведенных лабораторно-стендовых и теоретических исследований влияния применения альтернативного топлива (ЭТЭ) на процессы образования и разложения оксидов азота, токсические, мощностные и экономические показатели работы дизеля 4С 11,0/12,5 с камерой сгорания в поршне типа ЦНИДИ с непосредственным впрыскиванием топлива установлена возможность улучшения его экологических показателей, в частности, снижения содержания оксидов азота в ОГ, экономии ДТ, повышения эффективных показателей.

Экспериментальными исследованиями для снижения содержания оксидов азота в ОГ, объемного содержания r_{NO_x} и массовой концентрации C_{NO_x} в цилиндре дизеля 4С 11,0/12,5 при работе на ЭТЭ определены оптимальные установочные углы опережения впрыскивания топлив: для ДТ – 23° п.к.в., для ЭТЭ – 23° п.к.в.

При работе дизеля на ЭТЭ содержание оксидов азота в ОГ, объемное содержание r_{NO_x} и массовая концентрация C_{NO_x} в цилиндре дизеля ниже на всех режимах работы дизеля.



Первый форум по электротранспорту в России

5 июля в Сколково прошел форум «Электромобиляда-2012», посвященный электромобилям и зарядной инфраструктуре. Организаторами форума стали компания «Революта» и Российское энергетическое агентство при поддержке правительства Москвы и Московской области. Цель мероприятия – продвижение электромобилей в нашей стране через ознакомление участников форума, в числе которых были представители органов власти, бизнеса, научных и общественных организаций, автолюбители, с последними мировыми достижениями ученых и инженеров в области электрических транспортных средств (ЭТС).



Форум открыл генеральный директор ООО «Революта» Максим Осорин

Свои последние достижения в области электротранспорта и зарядной инфраструктуры представили компании из России, Беларуси, Великобритании, Швеции, Финляндии, Испании и Франции.

По различным прогнозам, в России к 2020 г. электромобили будут занимать от 3 до 20 % общего количества продаваемых транспортных средств. Поэтому особенно ценен выход на рынок инновационных продуктов российского производства. На форуме компания

«Революта» продемонстрировала собственные, не имеющие аналогов в мировой практике зарядные станции Revolta, которые совмещают в себе интерактивную систему размещения рекламного контента, управления и контроля платной парковки автотранспорта. Также компания представила уникальную бизнес-модель, позволяющую владельцам объектов коммерческой недвижимости и муниципалитетам решить проблему наличия публичной зарядной инфраструктуры с



Место проведения форума – инновационный центр «Сколково»

минимальными инвестициями и возможностью получения дополнительных источников дохода.

На форуме были представлены четыре тематических направления. Первое посвящено развитию рынка электрического транспорта в России и мире, опыту продаж и организации сервисного обслуживания легковых и коммерческих электромобилей в нашей стране, второе – зарядной инфраструктуре.

Тематика следующего направления включала обсуждение развития муниципального транспорта (электрические автобусы и зарядная инфраструктура), опыта использования ЭТС в зимних условиях, разработки альтернативы существующим системам перевозки на базе дизельных машин и контактного электротранспорта.

В заключительной части форума обсуждались отечественные литий-ионные аккумуляторы и проблемы российского электромобилестроения в целом.



Легковой коммерческий электромобиль Smith Edison

Кроме инновационных решений в области зарядной инфраструктуры, на форуме впервые в России были официально презентованы коммерческие электромобили Smith Electric. Официальным импортером представленных автомобилей является компания «Революта», которая работает над развитием в России новых транспортных решений, таких как системы совместного использования автомобилей (car-sharing) и экологически чистый городской транспорт для общественных перевозок.



Первый сверхкомпактный электромобиль

Продажи электромобилей в России начались в октябре 2011 г., когда на российском рынке появились машины Mitsubishi i-MiEV. К середине 2012 г. россияне приобрели 71 такой автомобиль. Стоимость автомобиля составляет около 1,8 млн руб. Ожидается, что к концу этого года в России будет продано около 100 электромобилей, а в 2013 г. – около 400.

Электромобили являются большим благом для энергетики, так как позволяют дозагрузить электрические сети (основная масса электромобилей заряжается ночью, когда сети загружены в среднем на 40 %) и выровнять график нагрузки на генерирующие мощности, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности энергосистемы и снижению вредных выбросов в атмосферу на объектах тепловой генерации. Помимо



Заправка электромобилей

этого, электромобиль является активным элементом интеллектуальной сети (smartgrid), и уже сегодня энергетики могут выравнять пики нагрузки на участке сети, а в очень короткой перспективе смогут использовать электромобили в качестве распределенной системы хранения электроэнергии (технологии Vehicle-to-Grid V2G).

Реальным шагом к созданию зарядной инфраструктуры для электромобилей стал проект «МОЭСК-EV», в рамках которого создана сеть из 28 зарядных станций, включающая 25 станций переменного тока и 3 станции экспресс-зарядки постоянного тока. Проект станет хорошей стартовой площадкой для разработки и внедрения инноваций

в сфере энергетики, энергоэффективности и энергосбережения.

Все станции с помощью специального программного обеспечения объединены в единую информационную сеть, что обеспечивает управление электрозарядками централизованно. Потребители получают доступ к заправкам с помощью электронных RFID-карт.

Следует подчеркнуть, что электромобили станут основным транспортом, которому будет разрешено ездить по территории инновационного центра в Сколково. Об этом, как сообщает «Интерфакс», заявил заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин. По его словам, решение о допуске машин с бензиновыми двигателями на территорию центра пока не принято.

Форум «Электромобиляда-2012» стал первым событием в сфере электротранспорта, его проведение планируется сделать ежегодным. Широкое интегрирование электрического транспорта и зарядной инфраструктуры в городскую среду и увеличение его доли на рынке автомобилей – это закономерное развитие транспортной индустрии во всем мире.



Различные виды электротранспорта

С 4 по 6 сентября 2012 г. в Москве в КВЦ «Сокольники» пройдет 10-я юбилейная международная газовая выставка технологий распределения и использования газа GasSUF.

GasSUF – динамично развивающаяся площадка, объединяющая интересы ведущих производителей и потенциальных потребителей газовой отрасли.

Участники выставки традиционно представляют вниманию посетителей уникальные технологии в области газоснабжения, газораспределения и использования газа, передовые разработки производства газобаллонной и газотепловой аппаратуры, энергосберегающие технологии и энергоэффективное оборудование для оснащения предприятий газовой промышленности, методы переоборудования автотранспортной техники для работы на газовых видах топлива.

В выставке примут участие более 50 ведущих компаний из 9 стран мира, такие как «ГАЗПРОМ», «АТЛАС КОПКО», «ПРОМЭНЕРГОМАШ», BAUER KOMPRESSOREN, CRIOSTAR SAS, FAS FLLUSSIGGAS ANLAGEN GmHB, IVECO, «ЛОГАЗ-АВТО», GAZPART 95, «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», НПО «РОТОР», «ХИМГАЗКОМПЛЕКТ», НЛТ, «ГАЗРЕМБЫТ», «ЭКИП-ГАЗ», GLOBAL GAS, «ФАСХИММАШ», «БАЛСИТИ», «ТЕХНИЧЕСКИЕ ГАЗЫ», YUOTONG GROUP Co., HIBORIDD AUTOMOTIVE TECHNOLOGY Co., HANGZHOU QIAONUI ELECTRONIC TECHNOLOGY Co., WENZHOU QIANGLI HIGH PRESSURE CYLINDER Co., HANGZHOU EASY TECHNOLOGY Co., VITKOVICE, «РАГСК» и многие другие.

Экспозиция выставки 2012 г. будет состоять из пяти тематических разделов:

- производство, хранение, транспортировка и использование газовых моторных топлив;
- автомобили на СУГ, КПП, СПГ, биометане, водороде, топливных элементах;
- заправочная техника;
- автономная газификация;
- использование природного газа.

Резонансным мероприятием обещает стать насыщенная деловая программа, которая включает пленарные заседания Рабочего комитета 5 (Использование газа) Международного газового союза и заседания исследовательских групп:

- использование газа в промышленности;
- использование газа в коммунально-бытовом секторе;
- использование газа на транспорте.

Центральное место в деловой программе занимает 5-я Международная конференция «Газ в моторах – 2012. Газовое моторное топливо: ресурсы и рынки».

25 июня на сайте www.gassuf.ru была открыта бесплатная регистрация посетителей, которая позволяет упростить данную процедуру на выставке. Получить индивидуальный билет и ознакомиться с инструкцией Вы можете также на нашем сайте.

Организаторами выставки являются Международная выставочная компания MVK в составе группы компаний ITE, ОАО «Газпром» и Национальная газомоторная ассоциация. Выставка пройдет при поддержке ОАО «Газпром промгаз», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Министерства промышленности и торговли, Московской торгово-промышленной палаты, Торгово-промышленной палаты РФ, Российского газового общества.

Деловая программа в рамках выставки GasSUF-2012

4 сентября, 11:00 – Открытие выставки

5 сентября, 10:00–18:00 – Пленарные заседания Рабочего комитета 5 (Использование газа) Международного газового союза и исследовательских групп

6 сентября, 10:00–16:00 – 5-я Международная конференция «Газ в моторах – 2012. Газовое моторное топливо: ресурсы и рынки»

Информация о выставке GasSUF 2012:
www.gassuf.ru

Информация о деловой программе:
http://www.gassuf.ru/home/exhibitors/business_program.aspx

Ждем Вас на GasSUF 2012!



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.



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, CMYK) – 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).

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

Атраш Рами,

аспирант РУДН, тел.: 8-926-267-5388;
e-mail: rami_alatrach@hotmail.com

Глухов Вадим Павлович,

к.т.н., главный технолог ООО «Научно-
производственное предприятие «Высокие
технологии для Газпрома»,
426008, г. Ижевск, ул. К.Маркса, д. 264а
тел.+7 3412 911-067, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Гнедова Людмила Анатольевна,

старший научный сотрудник
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», (498) 657-42-06

Головащенко Геннадий Александрович

доцент Саратовского государственного
аграрного университета им. Н.И. Вавилова,
к.т.н., р.т. (8452) 74-96-75

Гриценко Кирилл Александрович,

научный сотрудник
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
8 916 681-99-61

Гриценко Юрий Иванович,

соискатель научно-исследовательского
отдела Военного инженерно-технического
института,
Россия, 191123, г. Санкт-Петербург,
ул. Захарьевская, д. 22,
тел. (812) 272-95-15, факс (812) 272-95-15;

Демченко Владимир Георгиевич,

к.т.н., заведующий отделом «Процессов и
технологий теплообеспечения» Института
технической теплофизики НАН Украины,
г. Киев, e-mail: dr-demch@meta.ua,
тел./факс: 0038-044/ 4532868

Ерохов Виктор Иванович,

профессор МГТУ «МАМИ», д.т.н.,
адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая
Семёновская, д. 38,
р.т. 8 (499) 785-62-05, м.т. 8 916-150-17-87,
e-mail: PDO@mami.ru

Иванов Виктор Алексеевич,

инженер-конструктор ООО «ППП
Дизельавтоматика», г. Саратов,
м.т. 8 917 023-24-71, e-mail: dizavt@owerta.ru

Кавтарадзе Реваз Зурабович,

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
м.т. 8 910 469-00-12, р.т. (499) 265-78-92,
e-mail: kavtaradzerz@mail.ru

Кириллов Николай Геннадьевич,

старший научный сотрудник Военного
инженерно-технического института (ВИТИ),
заслуженный изобретатель РФ, д.т.н.,
Россия, 191123, г. Санкт-Петербург,
ул. Захарьевская, д. 22,
тел. (812) 272-95-15, факс (812) 272-95-15,
м.т. 8 911-950-83-26, факс (812) 272-95-15,
e-mail: kirillov_ng@mail.ru

Клюкин Павел Николаевич,

к.т.н., доц. МГТУ (МАМИ), генеральный
директор НОУ «Академия Автомобильных
Технологий», e-mail: KPN1331@yandex.ru,
www.klyukin-paul.ru, м.т. 8 915 425-26-40

Коцарь Юрий Алексеевич,

профессор, доктор т.н., Саратовский
государственный аграрный университет
им. Н.И. Вавилова, р.т. (8452) 74-96-67

Кошеляев Евгений Митрофанович,

д.т.н., проф. МГТУ (МАМИ),
e-mail: reljef@mail.ru, 570-30-04

Лазарев Александр Николаевич,

к.т.н., доцент, начальник Военного инженерно-
технического института (ВИТИ), Россия,
191123, г. Санкт-Петербург,
ул. Захарьевская, д. 22, академик
Международной академии изобретательства,
тел. (812) 272-95-15, факс (812) 272-95-15;
e-mail: Lazarevalnik@yandex.ru

Лапушкин Николай Александрович,

начальник лаборатории ТО АГНКС
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
м.т. 8 916 854-40-57

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

Лопатин Олег Петрович,

к.т.н., доцент ФГБОУ ВПО «Вятская
государственная сельскохозяйственная
академия», служебный адрес: 610017, г. Киров,
Октябрьский проспект, 133, кафедра ДВС,
р.т. 8 (8332) 37-57-28, e-mail: nirs_vsaa@mail.ru

Люгай Станислав Владимирович,

заместитель начальника Центра
«Использование газа» ООО «Газпром
ВНИИГАЗ», 8 916 107-98-09

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

Овсянников Евгений Михайлович,

д.т.н., чл.-корр. Академии электротехнических
наук РФ, проф. МГТУ (МАМИ),
e-mail: ovsiannikov48@mail.ru, 962-12-95

Панов Юрий Владимирович,

профессор МАДИ, к.т.н.,
м.т. 8 916-149-60-11, e-mail: panovyur@mail.ru

Перетряхина Вера Борисовна,

старший научный сотрудник
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
м.т. 8 915 118-57-42

Плужников Сергей Владимирович,

доцент Саратовского государственного
аграрного университета им. Н.И. Вавилова,
к.т.н., р.т. (8452) 74-96-75

Пронин Евгений Николаевич,

руководитель исследовательской группы
5.3 Международного газового союза,
исполнительный директор НГА,
e-mail: e.pronin@mail.ru

Семенов Сергей Петрович,

к.т.н., генеральный директор
ООО «Научно-производственное предприятие
«Высокие технологии для Газпрома»,
426008, г. Ижевск, ул. К.Маркса, д. 264а,
тел.+7 3412 911-067,
м.т. 8 912 767-81-14, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Удуд Вадим Николаевич,

генеральный директор
ОАО «НПО «ГЕЛИЙМАШ», к.х.н.,
р.т. (499) 242-50-77,
e-mail: market@geliymash.com

Федотов Игорь Владимирович,

старший научный сотрудник ООО «Газпром
ВНИИГАЗ», к.т.н., р.т. (498) 657-42-06

Фомин Валерий Михайлович,

профессор Российского университета дружбы
народов (РУДН), д.т.н.,
р.т. (495) 434-02-12, м.т. 8 915 211-44-15

Фурман Виктор Владимирович,

ведущий конструктор проектно-
производственного предприятия
«Дизельавтоматика» (г. Саратов),
м.т. 8-927-222-03-89,
e-mail: dizavt@owerta.ru

Черезов Игорь Александрович,

инженер-конструктор
ООО «ППП Дизельавтоматика», г. Саратов,
м.т. 8 917 204-93-84, e-mail: dizavt@owerta.ru

Яковлев Аркадий Васильевич,

соискатель научно-исследовательского
отдела Военного инженерно-технического
института,
Россия, 191123, г. Санкт-Петербург,
ул. Захарьевская, д. 22, тел. (812) 272-95-15,
факс (812) 272-95-15

Contributors to journal issue No. 4 (28) 2012

Alexandrov Igor K.,

PhD. Tekhn. Sciences, professor of Technical University (Vologda),
phone: + 7 921 714-91-40,
e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Atrash Rami (Lebanon),

postgraduate of Peoples' Friendship University of Russia,
+ 7 926-267-5388;
e-mail: rami_alatrach@hotmail.com

Cherezov Igor A.,

engineer of «Dizelavtomatika» (Saratov),
m.t. + 7 917 204-93-84,
e-mail: dizavt@owerta.ru

Demchenko Vladimir G.,

Dr. PhD, Head of Department «Processes and Technologies for Warmth Affectionately», Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences Ukraine, Kiev,
dr-demch@meta.ua, tel./fax. 0038-044/4532868

Erokhov Viktor I.,

the professor of the Moscow state technical university (MAMI), Dr.Sci.Tech., the Honored worker of a science of the Russian Federation,
e-mail: PDO@mami.ru

Fedotov Igor V.,

Senior Research Associate of the Laboratory of Process Equipment of AGCFS of Gazprom VNIIGAZ, office phone: + 7 (498) 657-42-06

Fomin Valery M.,

Dr. Sci. Tech., Professor of Peoples' Friendship University of Russia (PFUR),
office phone: + 7 (495) 369-90-48,
m.t.: + 7 915 211-44-15

Furman Viktor V.,

lead designer of «Dizelavtomatika» (Saratov),
m.t. + 7 927-222-03-89,
e-mail: dizavt@owerta.ru

Glukhov Vadim P.,

Ph.D., chief Technology Officer of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom»,
t.+7 3412 911-067, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Gnedova Lyudmila A.,

Senior Research Associate of the Laboratory of Process Equipment of AGCFS of Gazprom VNIIGAZ, (498) 657-42-06

Golovashchenko Gennady A.,

candidate of technical sciences, lecturer of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov,
phone: + 7 (8452) 74-96-75

Grishchenko Jury I.,

collaborator research section of Military Engineering-technical Institute,
22, Zacharevskaya str., 191123, St. Petersburg, Russia, tel./fax:+7 (812) 272-95-15

Gritsenko Kirill A.,

Research Associate of the Laboratory of Process Equipment of AGCFS of Gazprom VNIIGAZ,
8 916 681-99-61

Ivanov Viktor A.,

engineer of «Dizelavtomatika» (Saratov),
m.t. + 7 917 023-24-71,
e-mail: dizavt@owerta.ru

Kavtaradze Revaz,

Professor of N.E. Bauman's MGTU, Doctor of Engineering,
mobile phone: 8 910 469-00-12,
office phone: (499) 265-78-92,
e-mail: kavtaradzerz@mail.ru

Kirillov Nikolay G.,

PhD, Engng, the Deserved inventor of the Russian Federation, academician of ABN, Military Technical Institute,
phone: + 7 (812) 272-95-15,
m. phone: 8-911-950-83-26,
e-mail: kirillov-ng@mail.ru

Klyukin Pavel N.,

Ph.D., assoc. prof. of Mechanical engineering university (MAMI),
e-mail: KPN1331@yandex.ru,
www.klyukin-paul.ru,
m.t. + 7 915 425-26-40

Koshelyaev Evgeny M.,

Ph.D., prof. of Mechanical engineering university (MAMI),
e-mail: reljef@mail.ru

Kotsar Yury A.,

Dr. Sci. Tech., Professor of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov,
office phone: + 7 (8452) 74-96-67

Lapushkin Nikolay A.,

Head of the Laboratory of Process Equipment of AGCFS, Gazprom VNIIGAZ,
8 916 854-40-57

Lazarev Alexander N.,

Ph. D. (Eng.), the senior lecturer, academician of MAI, Military Technical Institute,
phone: tel./fax: + 7 (812) 272-95-15;
e-mail:Lazarevalnik@yandex.ru

Lihanov Vitaly A.,

doctor of engineering, Head of the Department of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: + 7 (8332) 57-43-07

Lopatin Oleg P.,

Ph.D., Associate Professor of Vyatka State Agricultural Academy,
phone: + (8332) 37-57-28,
e-mail: nirs_vsaa@mail.ru

Lyugai Stanislav V.,

Deputy Director of the Centre «Gas Use»,
m. phone 8 916 107-98-09.
E-mail: S_Lyugai@vniigaz.gazprom.ru

Markov Vladimir A.,

PhD, Engng, professor of «Heat Physics» department of the Bauman Moscow State Technical University,
phone: + 7 917 584-49-54

Ovsiannikov Evgeny M.,

Ph.D., prof. of Mechanical engineering university (MAMI),
e-mail: ovsiannikov48@mail.ru

Panov Yury V.,

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

Peretryakhina Vera B.,

Senior Research Associate of the Laboratory of Process Equipment of AGCFS, of Gazprom VNIIGAZ,
phone: + 7 915 118-57-42

Pluzhnikov Sergey V.,

candidate of technical sciences, lecturer of Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov,
phone: + 7 (8452) 74-96-75

Pronin Evgeny N.,

Executive Director of the National Gas Vehicle Association,
e-mail: e.pronin@mail.ru

Semenishchev Sergey P.,

Ph.D., General Director of «Research and Production Enterprise «High technology for Gazprom»,
m.t. + 7 912 767-81-14, e-mail: hi-tec11@mail.ru

Udut Vadim N.,

General Director JSC «NPO Geliymash»,
Cand. Sc (Chemistry)
+7 (495) 242-50-77,
e-mail: market@geliymash.com

Yakovlev Arkadiy V.,

collaborator research section of Military Engineering-technical Institute,
22, Zacharevskaya str.,
191123, St. Petersburg, Russia,
tel./fax:+7 (812) 272-95-15

Подписка – 2012

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 2012 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 за 2011 г. (формат PDF, 6 номеров):

– для РФ и стран СНГ – 1700 руб., включая НДС 18 %.

– для стран дальнего зарубежья – 100 евро / 140 долл. США.

Годовую подписку на 2010 г. (шесть номеров) можно оформить по факсу, электронной почте или непосредственно в редакции; также через агентства «Роспечать» (подписной индекс **72149**), «Межрегиональное агентство подписки» (Каталог Российская пресса – Почта России, подписной индекс **12718**).

Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210×290 мм)	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.