



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 3 (15) 2010

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



ЭКОЛОГИЯ
МЕТАН
ЭКОНОМИЯ



Актуальность использования СУГ и особенности учета

Перспективы использования ГБА с бортовым генератором синтез-газа

Как построить заправку КПГ за 7 месяцев?

Компания «Dresser Wayne» – надежный производитель оборудования АГНКС

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору
в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны
культурного наследия.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114

Учредитель и издатель

НП «Национальная газомоторная
ассоциация» (НГА)

Периодичность 6 номеров в год

Главный редактор

Р.О. Самсонов, д.т.н.

Члены редакционной коллегии

О.Ю. Бриллиантов

заместитель главного редактора

Б.В. Будзуляк

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

В.И. Ерохов

профессор «МАМИ», д.т.н.

А.А. Ипатов

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

Р.З. Кавтарадзе

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

С.И. Козлов

главный научный сотрудник
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

В.А. Марков

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

Я.С. Мкртычан

главный научный сотрудник

ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

А.В. Николаенко

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

Ю.В. Панов

профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.

Н.Н. Патрахальцев

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

Е.Н. Пронин

зам. начальника Управления ОАО «Газпром»,
президент НГА

В.Л. Стативко

исполнительный директор НГА, к.т.н.

В.Н. Фатеев

зам. директора РНЦ «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, 363-94-17.

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

www.ngvrus.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии «ГранПРИ»,
Ярославская обл., г. Рыбинск, ул. Луговая, д. 7

Номер заказа

Сдано на верстку 8.04.2010 г.

Подписано в печать 18.05.2010 г.

Формат 60х90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.

Печать офсетная, печ. л. 5,25 усл. печ. л. 10,5.

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

Редакция не несет ответственности за достоверность инфор-
мации, опубликованной в рекламных материалах.

**На обложке: комбинированная дорожная
машина КО-829Б1 на газобаллонном шасси
КАМАЗ-65115-1861-30**

В НОМЕРЕ:

Официальная информация.....	3
Павел Новак 3-я Международная конференция Чешской газовой ассоциации, 3-4.02.2010 г., Прага (Чехия)	6
Три мировых вопроса энергетической безопасности	9
XIV Международный газовый форум, 10-11.03.2010 г., Варшава (Польша).....	10
Новости из-за рубежа.....	12
А.С. Хачиян, В.В. Сиявский, И.Г. Шишлов, Д.М. Карпов Моделирование показателей и характеристик двигателей, питаемых природным газом	14
В.Л. Страхов, С.В. Заикин Расчет оптимальных параметров огнестойкого экрана противопожарных штор и укрытий	20
Н.Н. Патрахальцев Регулирование ДВС методом изменения физико-химических свойств моторного топлива	26
И.Г. Чистяков Компания «Dresser Wayne» – надежный производитель качественного оборудования АГНКС на российском рынке	33
А.С. Вандер, М.В. Никулин Как построить автобусную заправку КПП всего за 7 месяцев	37
Р.В. Хайрутдинов КО-829Б1 на газобаллонном шасси КамАЗ-65115-1861-30 – новинка для коммунального и дорожного хозяйства.....	38
Н. Г. Певнев, В.А. Кириллов, О.Ф. Бризицкий, В.А. Бурцев Перспективы использования газобаллонных автомобилей с бортовым генератором синтез-газа	40
Комплексное оформление АЗС и АГЗС	46
А.Л. Федоров, Ю.Н. Вольнов, Р.П. Гордеева Сжиженные углеводородные газы: актуальность использования и особенности учета.....	48
Компания «Honda» проводит испытания станции водородной заправки.....	54
В.И. Ерохов Новая концепция применения спиртов в качестве альтернативного моторного топлива	55
Л.В. Грехов, В.А. Марков Эфиры – перспективные альтернативные моторные топлива для дизельных двигателей	62
В.В. Лозовецкий, В.В. Лебедев, Е.В. Малышев Применение тепловых насосов для теплоснабжения при добыче и утилизации биогаза на полигонах ТБО.....	72
А.М. Сайкин Методологические аспекты улучшения экологической безопасности автотранспортных средств.....	78
Авторы статей в журнале № 3 (15) 2010 г.	83



'Alternative Fuel Transport' International Scientific and Technical Magazine No. 3 (15) 2010

Registered with the Federal Service for Supervision in Mass Communications and Cultural Heritage Protection

Printed matter registration certificate No. FS77-30114

Founder and publisher

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

Publication frequency: 6 issues a year

Editor-in-Chief

Samsonov R.O.,
Doctor of Engineering

Editorial board members

Brilliantov O.Yu.

Deputy Editor-in-Chief

Budzulyak B.V.

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

Erokhov V.I.

MAMI Professor, Doctor of Engineering

Ipatov A.A.

Director General of FGUP GNC NAMI, Doctor of Engineering

Kavtaradze R.Z.

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

Kozlov S.I.

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

Nikolaenko A.V.

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

Markov V.A.

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

Jacob Mkrttychian,

chief scientist, Gazprom VNIIGAZ, LLC

Panov Yu.V.

Professor of MADI (GTU), Candidate of Science

Patrakhaltsev N.N.

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

E.N. Pronin

Deputy Head of Directorate, JSC Gazprom, President, NGVRUS

Stativko V.L.

Executive Director, 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, 363-94-17

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

www.ngvrus.ru

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

Order number

Passed for press on 15.04.2010

Endorsed to be printed on 18.05.2010

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

Offset printing, 5 reference sheets, 10 conditional printed sheets

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

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

On the cover page:

combinet road machine KO-829B1 on gas chassis KAMAZ-65115-1861-30

CONTENTS

Pavel Novak

The third international conference: NGV-2010.....6

News from abroad.....12

A.S. Khachiyan, V.V. Sinyavsky, I.G. Shishlov, D.M. Karpov

Modeling of Natural Gas Engine Parameters and Performances.....14

V.L. Strakhov, S.V. Zaikin

Optimal parameters calculation of fire-resistant shield for fire-prevention blind and shelters.....20

N.N. Patrakhaltsev

Regulation of Working Process of Diesel by Variation of Physical – Chemical Properties of Fuel26

I.G. Chistyakov

«Dresser Wayne» – a reliable producer of quality equipment CNG stations in the Russian market.....33

A.S. Vander, M.V. Nikulin

How to build a CNG bus station for 7 Months only37

R.V. Khairutdinov

KO-829B1 on gas chassis KAMAZ-65115-1861-30 – a novelty for municipal and road economy.....38

N.G. Pevnev, V.A. Kirillov, O.F. Brizitskiy, V.A. Burtsev

Outlooks of usage gas-bottle of motor engines with the board oscillator of synthesizing-gas.....40

A.L. Fedorov, Y.N. Volnov, R.P. Gordeyeva

Liquefied Hydrocarbon Gases: Urgency of Utilization and Means of Accounting48

V.I. Erokhov

The new concept of application of spirits as motor fuel.....55

L.V. Grekhov, V.A. Markov

Ethers – Perspective Alternative Fuels for Diesel Engines62

V.V. Lozovetsky, V.V. Lebedev, E.V. Malyshev

Application of thermal pumps for central heating at extraction and biogas recycling on ranges of firm household waste72

A.M. Saikin

The methodological aspects of vehicle environmental safety improvement78

Contributors to journal issue No. 3 (15) 2010.....83



Россия – Украина: Новые перспективы сотрудничества

5.03.2010 г. состоялась встреча Президента Украины Виктора Януковича и Президента России Дмитрия Медведева, во время которой были обсуждены различные аспекты взаимоотношений между двумя странами. Нашла свое отражение и тема транспортного сообщения.



Во время пресс-конференции Президент Украины в частности сказал: «Развитие транспортных коридоров – очень важный вопрос, который мы должны совместно решать. Поэтому я внес такое предложение: в Украине будет «Евро-2012», а в России – «Сочи-2014». И эта совместная работа над развитием транспортных коридоров сейчас для нас как никогда актуальна и интересна, мы должны гостеприимно раскрыть наши страны для участников этих мероприятий и создать

условия для того, чтобы весь мир увидел Украину, Россию как высокоразвитые государства, которые интенсивно развиваются».

Частью работы по развитию транспортных коридоров должно стать восстановление диалога в области организации российско-украинского автомобильного сообщения с использованием природного газа. До 2006 г. этот диалог достаточно активно велся в рамках газомоторной секции Межправительственного Совета стран СНГ по нефти и газу. Настало время вернуться к забытому в последние годы Минскому соглашению 1995 г., предусматривающему переход на использование природного газа и развитие газозаправочной сети на межгосударственных автомобильных трассах.

ООО «Газпром ВНИИГАЗ» за несколько лет до рождения проекта «Голубой коридор» выполнял расчеты по развитию газозаправочной инфраструктуры. Интересны не только маршрут Москва – Киев, Киев – Минск, но и многие другие, например, ведущие в Крым, Западную Украину, Донбасс. В свете слов Президента Украины Вик-

тора Януковича представляются интересными маршруты Сочи – Киев и Сочи – Одесса с дальнейшим выходом на Молдавию, Румынию, Болгарию.

Направления для сотрудничества в области использования газомоторного топлива на транспорте не ограничиваются исключительно «Голубыми коридорами». Очень перспективно возобновление работы по формированию единого нормативно-правового пространства, в первую очередь, Армении, Белоруссии, Казахстана, Молдавии, России и Украины в области использования природного газа в качестве моторного топлива на транспорте. При наличии политической доброй воли сделать это можно достаточно быстро. В Мариуполе (Украина) можно восстановить производство баллонов для КПП, перейдя при этом на больший внешний диаметр 229 мм. Российские моторостроители могут заинтересоваться и поставкой газовых двигателей на украинские автозаводы. А для многих российских автотранспортных предприятий было бы интересно приобретать газовые автобусы «Богдан» Черкасского завода, выпускаемые на базе японского шасси Isuzu. Японцы уже имеют конвейерную газовую модификацию. Остается освоить ее в Черкасах.

МЕТАИнфо

Заседание Комитета по энергетической стратегии и развитию ТЭК в Торгово-промышленной палате РФ

17.03.2010 г. Комитет по энергетической стратегии и развитию ТЭК Торгово-промышленной палаты РФ провел в Москве заседание на тему



«Нормативно-техническое регулирование в сфере использования сжиженного углеводородного газа (СУГ)». В его работе приняли участие президент Союза нефтегазопромышленников России Г.И. Шмаль, представители профильных министерств, РАН, ОАО «Газпром», ОАО «Газэнергосеть», ООО «Межрегионгаз», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ОАО «Газпром Промгаз», ОАО «Гипрониогаз», ОАО «Росгазификация», ОАО «Лукойл» и других профильных организаций и институтов.

С вступительным словом к собравшимся обратился президент Союза нефтегазопромышленников России Г.И. Шмаль.

На заседании с докладами выступили: начальник управления отраслевых программ ОАО «Газэнергосеть» А.А. Ким, начальник отдела технического регулирования департамента стратегического развития ОАО «Газпром» Р.С. Кирилина, технический директор ООО «Еврогалс» Р.П. Гордеева, технический директор ОАО «Гипрониогаз» М.С. Недлин, начальник службы внутреннего аудита ОАО «Газэнергосеть» Л.Ю. Иванов, а также другие участники заседания.

В ходе заседания участники обсудили актуальные проблемы норма-

тивно-технического регулирования в сфере использования СУГ.

Было отмечено, что разработка технических регламентов объектов СУГ требует обсуждения и корректировки профессионального сообщества. Помимо этого, необходим

комплекс мер, направленных на увязку технических регламентов с мероприятиями по обновлению фонда национальных стандартов и гармонизации их с передовыми мировыми аналогами, а также устранением избыточных админист-

ративных барьеров. По итогам обсуждения участниками заседания было принято решение о создании рабочей группы для проведения работ, направленных на разработку и принятие необходимых документов в сфере использования СУГ.

На совещании в РГО были обсуждены проблемы ускорения создания рынка газомоторного топлива в России

26.03.2010 г. НП «Российское газовое общество» провело совещание, посвященное организации работы представителя наблюдательного и экспертного советов Российского газового общества (РГО) в Центральном федеральном округе.

В повестку дня были включены следующие вопросы:

- О задачах и направлениях деятельности РГО в Центральном федеральном округе.

- Утверждение состава президиума экспертного совета.

- О проблемах ускорения создания рынка газомоторного топлива.

- Об актуальных вопросах социально-трудовой политики в отрасли.

В совещании приняли участие: президент РГО, зам. председателя Государственной Думы РФ В.А. Язев; вице-президент РГО О.Ф. Жилин; член комитет ГД РФ по энергетике, председатель экспертного совета РГО В.К. Марков; зам. начальника департамента ОАО «Газпром» В.Н. Матюшечкин; зам. губернатора Калужской области В.А. Абраменков; председатель совета директоров ГК «НАТЭК» А.Е. Алексеев; зам. председателя правительства Московской области Д.А. Большаков; президент Межрегиональной биржи нефтегазового комплекса В.Н. Баранов; генеральный директор ООО «Калугагазмаш» В.С. Волков; руководитель управления департамента транспорта и связи Москвы И.Е. Чурсин и другие. Всего в совещании приняли участие 52 человека.

На совещании с докладом «Энергетическая политика государства (газовый аспект) и задачи Российского газового общества» выступил президент РГО В.А. Язев. В своем выступлении В.А. Язев отметил, что основные аспекты политики государства в области энергетики изложены Правительством РФ в «Энергетической стратегии России на период до 2030 г.», утвержденной 13.11.2009 г. Этим документом предусмотрено снижение доли ТЭК в ВВП и доли топливно-энергетических ресурсов в экспорте не менее чем в 1,7 раза, уменьшение доли экспорта топливно-энергетических ресурсов в ВВП в два раза и уменьшение энергоемкости ВВП более чем в два раза (в сравнении с 2005 г.). Вместе с тем экспорт энергоносителей остается важнейшим фактором развития российской экономики, но рост их экспорта будет замедляться и к 2030 г. стабилизируется. Меры, создающие каркас системы регулирования в области энергосбережения и энергоэффективности, как и иные вопросы достижения целей энергостратегии, могут и должны быть сформированы при активном участии экспертного совета Российского газового общества.

По словам В.А. Язева, «аналитики, как правило, противопоставляют инновационную экономику экономике, основанной на добыче, использовании и продаже энергоносителей. Но ведь сама добыча, транспортировка и переработка природного газа открывает широкие возможности примене-

ния инновационных подходов, новых и новейших технологий. Уже сегодня требуется реконструкция более 2 тыс. км сетей и диагностирование более 6,5 тыс. км сетей. Необходимо также ремонт около 100 подводных переходов и диагностика более 200. Вместе с тем имеются технологии ремонта и защиты газопроводов, в том числе основанные на применении наноматериалов, которые при среднесрочной оценке дают ощутимый экономический эффект».

Характеризуя Центральный федеральный округ, президент РГО подчеркнул, что ЦФО «является крупнейшим потребителем газа в стране, имеет наиболее развитую газотранспортную и распределительную сеть, и там есть перспективы для снижения затрат. Кроме того, при высокой степени газификации округ имеет все предпосылки для активного использования природного газа в качестве газомоторного топлива». По мнению В.А. Язева, «решение этого вопроса своей наиболее острой гранью проходит через необходимость принятия соответствующего Федерального Закона, который регламентировал бы основные правила отношений на рынке моторного топлива». Подготовка к внесению соответствующего законопроекта, одним из авторов которого является В.А. Язев, близка к завершению.

Президент РГО отметил, что для достижения целей энергостратегии одних административных мер будет недостаточно. В РГО понимают, какие колоссальные средства надо мобилизовать и направить в качестве инвестиций в газовую отрасль. Это прямо связано с расширением внутреннего рынка потребления газа в качестве

энергоносителя, а также в качестве сырья для газохимии и производства наноматериалов.

С докладами на совещании выступили также вице-президент, заместитель председателя экспертного совета РГО О.Ф. Жилин, зам. начальника департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром», представитель наблюдательного совета РГО в Центральном федеральном округе В.Н. Матюшечкин, заместитель на-

чальника отдела того же департамента ОАО «Газпром» А.В. Строганов, руководитель управления департамента транспорта и связи Москвы И.Е. Чурсин, главный редактор журнала «АГЗК+АТ» В.В. Дементьев, зам. председателя Ярославской областной Думы Е.Н. Заяшников, первый заместитель председателя комиссии по государственному регулированию цен и тарифов, начальник управления координации ТЭК Белгородской области В.Г. Чепелев.

В ходе совещания был утвержден президиум экспертного совета Некоммерческого партнерства «Российское газовое общество» в Центральном Федеральном округе. Председателю экспертного совета РГО в ЦФО В.К. Маркову поручено сформировать состав экспертного совета РГО в Центральном Федеральном округе, утвердить его решением президиума экспертного совета и представить Президенту РГО до 26 апреля 2010 г. план работы совета на текущий год.

Обновление сведений

В последние годы Национальная газомоторная ассоциация (НГА) периодически обновляла сведения о предприятиях и организациях, работающих на рынке газомоторного топлива Российской Федерации и других стран. К газомоторному рынку мы относим все те общества и организации, которые в той или иной мере связаны с производством и использованием газовых

видов моторного топлива – природного и сжиженного углеводородного газа, водорода и водородосодержащих смесей, биометана и метана угольных пластов, топливных элементов, диметилового эфира, синтетических топлив. Каждое из этих направлений включает в себя широкую гамму технологического оборудования для производства, хранения, транспортировки,

заправки и использования этих видов моторного топлива.

В последний раз Перечень обновлялся в апреле 2009 г. (Форма от 04.07.2009). На тот момент в **Перечне НГА зарегистрировалась 51 организация** из Австрии, Белоруссии, Германии, России и Швейцарии. В основном это, конечно, российские компании, занятые выпуском газоиспользующего и газозаправочного оборудования. В то же время в Перечне имеются предприятия, работающие в области проектирования, строительства, коммуникаций, связи, финансов, автомобильного транспорта, газовой промышленности.

За прошедший год могли произойти изменения, и поэтому НГА предлагает всем обновить данные о своей организации, которые будут представлены на сайте НГА для свободного пользования.

Обращаем также внимание на то, что **НГА не взимает какой-либо платы в явной или опосредованной форме за включение сведений в Перечень**, поскольку это противоречит задаче расширения газомоторного рынка. Публикация данной информации не является рекламой.

Вместе с тем, как и ранее во всех публикациях НГА, мы подчеркиваем, что не несем ответственности за предоставляемые нам данные.

Вы можете направить заполненную форму, которая приводится выше, по адресу **e.pronin@mail.ru**.

НГА

Полное наименование организации
Организационно-правовая форма
Основные виды деятельности в области газомоторного топлива
Почтовый индекс
Страна
Город, улица, дом
ФИО и должность первого руководителя
Контактное лицо
Телефонные коды (страна, город)
Телефон
Факс
Электронная почта
Интернет-сайт

3-я Международная конференция Чешской газовой ассоциации, 3-4.02.2010 г., Прага (Чехия)

Павел Новак,
менеджер Чешской газовой ассоциации

The third international conference: NGV-2010

Pavel Novak

Pre-eminent Czech and international specialists, company representatives, and members of the expert circles gathered in Prague for the third time to attend the NGV 2010 international conference, Prospects for the Development and Use of CNG in Transport, organised by the Czech Gas Association at the Dorint Hotel on 3 and 4 February.

3-4.02.2010 г. известные чешские и иностранные специалисты, представители компаний и члены экспертных советов в третий раз собрались в Праге на международную конференцию, на которой были обсуждены **перспективы разработки и использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива.**

В работе конференции приняли участие 114 делегатов, причем 38% из них прибыли из-за рубежа. На конференции выступили 17 докладчиков, из них 9 иностранных из Аргентины, Бельгии, Канады, Хорватии, Италии, Польши, Словакии и Великобритании. Были также 17 представителей прессы. Конференция была организована Чешской газовой



Выступает Павел Новак

ассоциацией и проходила в гостинице «Доринт».

Министерство экологии Чешской Республики последовательно поддерживает концепцию использования компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива для автотранспорта и новые технологии, связанные с этими вопросами. А тот факт, что данная конференция проводилась под эгидой этого министерства, показывает, насколько большое значение придает оно этому международному мероприятию.

Постоянное и все более интенсивное перемещение людей и товаров превратило некоторые европейские регионы в настоящие «дорожные перекрестки». Интенсивность движения транспорта, масштабы вредных выбросов и уровень шумов возрастают здесь до максимума, что резко ухудшает состояние окружающей среды и оказывает необратимое вредное воздействие как на население, так и на природу таких регионов. Ситуация в центральноевропейском регионе в этом смысле не является исключением. Вот почему цель этой конференции заключалась в том, чтобы всесторонне обсудить эти проблемы и содействовать скорейшему внедрению КПГ в качестве моторного топлива на транспорте.

Транспортная система Центральной Европы, в инфраструктуре которой имеется достаточно много станций по заправке автотранспортных средств КПГ, вполне могла бы справиться с быстрым ростом автопарка, моторным топливом для которого является КПГ, обеспечивая водителям больше комфорта, облегчая проезд через разные страны, удешевляя передвижение на автомобилях и вселяя в людей чувство удовлетворения от мысли, что они вносят свой вклад в защиту окружающей среды, заявил генеральный секретарь Чешской газовой ассоциации Милаш Кебрдль, обращаясь с приветственным словом к делегатам конференции. Две предыдущие конференции, добавил он при этом, уже убедили нас, что этой теме нужно постоянно уделять самое пристальное внимание.

На первом заседании выступили гости конференции. Член Европейского парламента и вице-председатель

парламентского комитета по промышленности, исследованиям и энергетике Евжен Тошеновский прислал делегатам свое приветствие, извинившись перед ними за то, что служебные обязанности не позволили ему лично участвовать в работе конференции. В своем послании он признал исключительную важность темы данной конференции и особо подчеркнул, что «КПГ является одной из самых значимых, хорошо изученных и доступных альтернатив топливу на основе нефти. Более того, такая альтернатива хорошо разработана в технологическом смысле, и на практике перейти на КПГ можно очень быстро. У компримированного природного газа имеется огромный потенциал, который нужно использовать на все 100%. Это экономичное, безопасное, не загрязняющее окружающую среду и в то же время очень эффективное моторное топливо».

Выступавший от имени министерства экологии Чехии заместитель министра Алеш Кутак, в частности, напомнил содержание Соглашения 2006 г. и обязательства чешского правительства по этому соглашению, а также упомянул о том, что разрабатывается проект закона об установлении территориальных зон с низкими выбросами, куда не будут допускаться транспортные средства, выбрасывающие в атмосферу большое количество отработавших газов.

Председатель Европейской газомоторной ассоциации Тревор Флетчер (Великобритания) в своей речи заострил внимание на роли Европейского Союза в более тесном сотрудничестве всех стран Европы в области внедрения КПГ в качестве моторного топлива на транспорте, а также остановился на преимуществах двухтопливных автомобилей в вопросах защиты окружающей среды и развития энергетики. Он указал на необходимость дальнейшей разработки двигателей, которые могут работать на альтернативных видах моторного топлива.

На первой технической сессии внимание делегатов было сосредоточено на проектах и тенденциях внедрения КПГ в качестве моторного топлива.

Генеральный директор бельгийской компании «Клин Фьюэлз



Консалтинг» (Clean Fuels Consulting) Джеффри Сейслер в своем докладе дал оценку современному состоянию мирового газомоторного рынка, отметил успехи в области внедрения КПГ на транспорте, а также существующие в этой области тенденции развития и трудности. Директор Центра исследований в области транспорта (Centrum dopravního vĕzkumu) в Брно Иржи Едличка проанализировал вопрос о том, какое влияние оказывает автотранспорт на окружающую среду. Представитель генерального партнера конференции и вице-председатель акционерного общества «Газ Инвестмент» (Gas Investment) Вацлав Холвачек предложил вниманию участников конференции проект «Привлечение компании «Бонетт» (Bonett) – эффективный подход к созданию сети станций заправки компримированным природным газом». Рассказывая об одном из основных партнеров конференции, канадском обществе с ограниченной ответственностью «ИМВ Индастриз» (IMW Industries, Ltd.), его директор по сбыту и маркетингу в Европе Роджер Коньерз представил весь спектр продукции этой компании, а также ее концепции конструирования компрессорных блоков и проекты в Центральной Европе.

В дальнейших выступлениях докладчики описали существующую ситуацию в своих странах: от Польши

выступил профессор научно-технического университета при Краковской горно-металлургической академии Кшиштоф Квасневский, от Италии – директор «NGV Systems Italia» и старший менеджер «EA Fiat» Микеле Дзиози, программу аргентинской компании «АСПРО» (ASPRO) для Центральной и Восточной Европы представил менеджер по международным продажам «Delta Compresión S.R.L.» Клаудио Спуркель.

Дискуссии за «круглым столом» развернулись по трем главным вопросам:

- Что больше всего мешает скорейшему внедрению КПГ и использованию биометана в Центральной Европе?

- Достаточно ли энергично действует ЕС, чтобы достигнуть поставленных целей в 2010 г., и обоснованы ли эти цели с учетом существующей ситуации и перспектив внедрения КПГ в Европе?

- Имеются ли у ЕС какие-либо законодательные инструменты, которыми можно было бы воспользоваться, чтобы снять запрет на допуск автомобилей, работающих на КПГ, на подземные автостоянки, предназначенные для многоцелевых транспортных средств, и какой опыт в этом отношении имеется у других стран?

Во второй день конференции была обсуждена тема «Технология КПГ и ее использование».

Двор Матич (Хорватия), который является вице-председателем Исследовательской группы при Рабочем комитете Международного газового союза по КПГ (IGU WOC 5, SG 5.3 NGV), сделал доклад о работе и планах комитета за истекшие три года и доложил о тех мероприятиях, которые эта исследовательская группа проводила и будет проводить в течение последующих трех лет – с 2009 по 2012 гг. Вице-председатель акционерного общества «Пражская газовая компания» Экарт Баум кратко описал успешно внедряемые проекты и недавно открытые в Праге АГНКС общего пользования, а также некоторые другие мероприятия, которые планомерно проводит компания с целью внедрения КПГ в Праге. Успешное внедрение проекта по использованию метана в качестве топлива для общественного транспорта, который эксплуатируется акционерным обществом «Пражские коммунальные услуги», подтверждает перспективность применения КПГ в больших городах при оказании коммунальных услуг. Выступили также представители Чехии Зденек Прокопец и Петр Суконь.

На второй технической сессии по теме «Опыт производителей и эксплуатационников в области КПГ» в центре внимания были практические аспекты и внедрение элементов КПГ в транспортные средства. Генеральный директор акционерного

общества «Братиславское транспортное предприятие» Павел Деркай поделился с делегатами своим ценным, приобретенным за многие годы, опытом использования КПГ в качестве моторного топлива для автобусов, парк которых эксплуатирует эта компания, работающая в сфере общественного транспорта. Аренда легковых автомобилей – еще одна перспективная область для внедрения инновационных технологий с использованием КПГ. Петр Космак, начальник отдела сбыта акционерного общества «СИКСТ, Чешская республика, Спид Лиз», которое занимается арендой автомобилей, кратко описал опыт работы компании в этой области. Филип Слани из акционерного общества «Worthington Cylinders GmbH» рассказал об особенностях производства стальных баллонов и отметил такие их качества, как надежность и безопасность при установке на автотранспортные средства.

Заключительное выступление было посвящено биогазу, как достаточно перспективному топливу. Кристофер Мэлтин (Великобритания) рассказал о своем многолетнем опыте работы в этой области и сообщил о тех выводах, которые позволил сделать европейский проект «Мадегаскар консорциум» (Madagascar consortium). После завершения всех мероприятий состоялась отдельная конференция, посвященная более

подробному ознакомлению с этим проектом Европейского союза.

Отличительной чертой конференции в этом году стала специальная выставка оборудования и технологий для КПГ, в которой приняли участие 12 компаний, в том числе: «A.S.A.», «Bauer Kompressoren GmbH», «Bonett Bohemia», «NEAT», «OPWTEDOM», «Tvaja CNG», «UniCode Systems», «Unodataz», «Worthington Cylinders GmbH» и другие.

Отзывы участников конференции подтвердили, что это мероприятие было интересным и прошло на высоком профессиональном уровне. Программа конференции полностью оправдала ожидания ее участников, она позволила им по-новому взглянуть на проблемы, завязать новые контакты, а также дала пищу для размышлений, и все это можно будет успешно использовать для дальнейшей работы и продвижения вперед.

«Чешская газовая ассоциация» выражает свою искреннюю признательность генеральному партнеру конференции компании «Bonett Gas Investment», всем основным партнерам, «IMW», «Kraus Global» и группам «E.ON» и «RWE», а также информационным партнерам – журналам «Czas na Gaz», «GVR», «Plyn», Европейской газомоторной ассоциации (NGVA Europe) за поддержку и сотрудничество при организации и проведении этой конференции.



Уважаемые читатели!

Редакция Международного научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе» выпускает в свет в июне 2010 г. специальный выпуск журнала, в котором будет полностью опубликован **Итоговый доклад Международного газового союза**, подготовленный в 2006-2009 гг. Исследовательской группой 5.3 «Транспортные средства на природном газе» Рабочего комитета 5 «Использование газа». Доклад был представлен на Мировом газовом конгрессе МГС, состоявшемся 5-9.10.2009 г. в г. Буэнос-Айрес (Аргентина).

Эксклюзивное право публикации этого доклада представлено единственному российскому изданию – редакции журнала «Транспорт на альтернативном топливе».

В Итоговом докладе сделан подробный анализ использования природного газа (метана) в качестве газомоторного топлива на транспорте в странах, представляющих Европу, Северную и Латинскую Америку, Азиатско-Тихоокеанский

регион, Ближний Восток, Россию и страны СНГ. Проанализированы факторы, способствующие развитию национальных газомоторных рынков и сдерживающие его. Представлен обзор современных и перспективных газозаправочных и газоиспользующих технологий.

Ориентировочный объем спецвыпуска – около 100 стр. Рассылка журнала будет производиться только по заявкам читателей с предварительной оплатой. Тираж ограничен, поэтому просьба заранее присылать заявки на спецвыпуск.

Стоимость 1 экз. бумажного варианта – 1500 руб. + 18% НДС.

В электронном виде доклад не распространяется.

Заявки на получение специального выпуска журнала принимаются:

по телефонам **(495) 363-94-17, 321-50-44;**

по e-mail: **transport.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru**

Три мировых вопроса энергетической безопасности

5.02.2010 г. заместитель Председателя Государственной Думы РФ, президент Российского газового общества (РГО) В.А. Язев выступил на 46-й Мюнхенской международной конференции по актуальным проблемам политики безопасности в Европе и Евро-Атлантике с докладом «Три мировых вопроса энергетической безопасности». В своем выступлении В.А. Язев отметил основные проблемы ресурсной безопасности – важнейшего компонента обеспечения международной безопасности.

– В современном мире общая безопасность и обеспеченность ископаемыми углеводородами, особенно нефтью и природным газом, взаимозависимы, – сказал он. – К угрозам энергетической безопасности относят неравномерность распределения месторождений нефти и природного газа по нашей планете, а также неравномерность потребления энергетических материалов между странами. Здание международной безопасности потеряет устойчивость, если мировая система снабжения энергетики сырьевыми материалами выйдет из равновесия. Значит, ее равновесием нужно управлять, опираясь на общую международную правовую базу и на общую энергетическую стратегию. А потому требуется ответить на вопрос: **На каких принципах следует развивать правовую базу международного сотрудничества и осуществлять постановку общих стратегических целей в сфере энергетики?**

Второй вопрос: **Какой новый базовый энергоноситель должен занять существенную долю мировой энергетики, помимо нефти, газа и каменного угля?** Этот вопрос, как считает В.А. Язев, вызван не столько необратимым уменьшением запасов невозобновляемых энергоносителей, сколько необходимостью долгосрочного и надежного снабжения энергией всех жителей планеты на достойном уровне при допустимом воздействии на окружающую среду. Несмотря на ведущую роль нефти и газа в мировом энергетическом балансе развитых стран, полезно поторопиться с увеличением доли атомной энергии на основе замкнутого ядерного топливного цикла. 30 лет назад прогнозировали, что сегодня атомные электростанции будут производить 55% электроэнергии. Пока достигнуто лишь 14%.

Он также отметил, что даже если будет дан правильный ответ на два предыдущих вопроса, не уйти от третьего:

Существует ли предел роста потребления энергии человеческой цивилизацией, и как его сдерживать без ущерба повышению качества жизни?

Исчерпывающего ответа на него сегодня дать невозможно, но, очевидно, в первой половине этого века будет оправданно кардинальное повышение энергоэффективности во всех секторах человеческой деятельности, а также широкое использование энергетического потенциала возобновляемых источников. На эти три вопроса Россия, как ведущий производитель и экспортер энергоносителей, а также как обладатель крупнейших месторождений, отвечает делом, – подчеркнул В.А. Язев. – Россия предлагает увеличение объема поставок, диверсификацию маршрутов и средств доставки энергоносителей потребителям и выступает против использования энергетики в качестве инструмента политического шантажа как поставщиками, так и потребителями энергии.

Россия имеет развитую атомную энергетику, обладает промышленными технологиями замкнутого ядерного топливного цикла и активно участвует в международной кооперации по данной проблеме. Россия обладает также значительным потенциалом энергосбережения. С начала века энергоемкость российской экономики ежегодно уменьшалась примерно на 4%. К 2020 г. энергоемкость валового внутреннего продукта должна сократиться на 40% в сравнении с 2007 г. Велик и российский потенциал возобновляемых энергоносителей. Доля гидроэлектростанций в электроэнергетике РФ – 21%. Расширение использования других видов возобновляемых энергоносителей предусмотрено энергетической стратегией России на период до 2030 г.

В отношении международной правовой базы и механизмов обеспечения надежности поставок энергоносителей

Россия ориентируется на действующие нормы международного экономического права и неуклонное выполнение международных соглашений. Дальнейшие шаги предлагается делать, исходя из предложенного Президентом России Д.А. Медведевым «Концептуального подхода к новой правовой базе международного сотрудничества в сфере энергетики».

«Надеюсь, в ходе дискуссии мы продвинемся в поиске ответов на перечисленные вопросы и в осознании самого главного вопроса: готово ли мировое сообщество действовать совместно и достигать общего позитивного результата в разработке общемировой энергетической стратегии? В России к этому готовы и хорошо понимают следующее: если экономические проблемы сырьевого обеспечения, которые решаются с трудом, не решать заблаговременно, то они превратятся в проблемы политические, которые решать значительно труднее», – отметил в заключение своего доклада В.А. Язев.

После выступления В.А. Язев принял участие в одной из проводимых в рамках конференции дискуссий, посвященной теме: «Безопасность ресурсов и изменение баланса сил в мире».

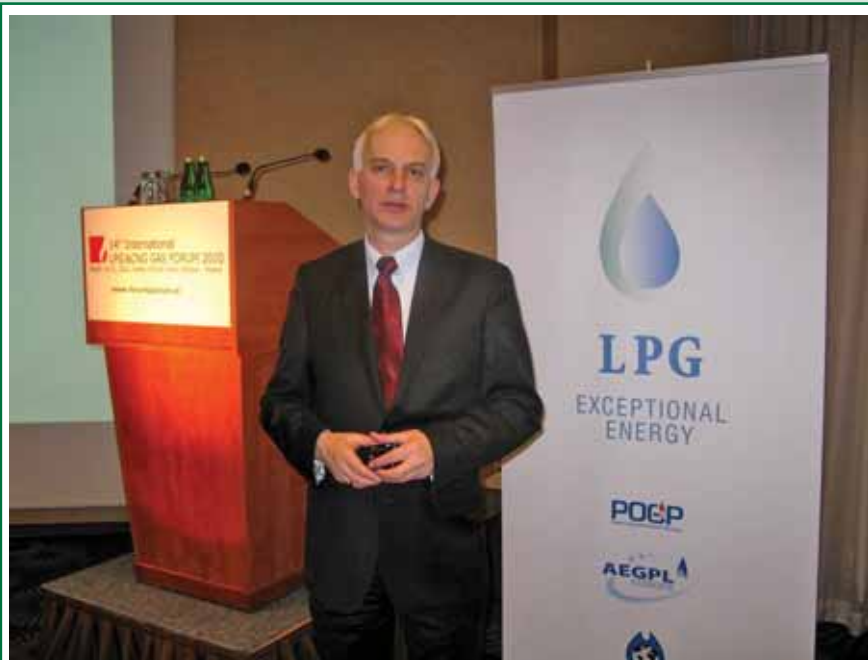
Мюнхенская международная конференция – одна из наиболее представительных дискуссионных площадок по актуальным проблемам политики безопасности в Европе и Евро-Атлантике. В этом форуме, как и в предыдущие годы, участвовали главы государств и правительств, министры иностранных дел и обороны, парламентарии и видные эксперты-международники. Ежегодно она собирает свыше 300 участников из более 40 стран мира – это члены НАТО и Евросоюза, государства, играющие важную роль на мировой арене, такие как Россия, Китай, Япония, Индия.

Российскую делегацию на ней представляли заместитель председателя правительства России С.Б. Иванов, глава МИД России С.В. Лавров, заместитель председателя Государственной Думы, президент Российского газового общества В.А. Язев, председатель Комитета Госдумы по международным делам К.И. Косачев. Организаторы конференции предложили широкий спектр тем к обсуждению на прошедшем форуме, среди которых «Энергетическая безопасность и смена глобальной расстановки сил», «Будущее европейской и глобальной безопасности», «Будущее контроля над вооружениями и договора о нераспространении ядерного оружия».

Отдел информационной работы НП «РГО»

XIV Международный газовый форум, 10-11.03.2010 г., Варшава (Польша)

10-11.03.2010 г. в Варшаве прошел очередной XIV Международный газовый форум. Это мероприятие стало в Польше уже традиционным и свидетельствует о том, что в этой стране интерес к применению газомоторного топлива на транспорте постоянно растет.



Выступает Анджей Олеховски, директор польской организации сжиженного газа

интересом был заслушан доклад Адама Маерчика, начальника отдела сертификации и испытаний автомобилей института автомобильного транспорта Польши.

Большой интерес вызвал также доклад председателя правления группы компаний «НефтеГазТоп», генерального директора НП «Спецпроектобъединение» Б.С. Рачевского «Экспорт сжиженных углеводородных газов (СНГ и СПГ) через морской терминал в г. Азов».

Как и в предыдущие годы, одновременно с проведением заседаний участников форума, была развернута экспозиция, посвященная достижениям на рынке газобаллонного оборудования и автогазозаправочной техники. Было представлено ГБО ряда известных, крупных итальянских и польских производителей «Lendi Renzo», «Emer», «BRC», «OMVL», «Valtek», «A.E.B. Emmegaz», «Auto Gas Centrum (AG)», «Autronic», «Elpigaz», «Vitkovice Milmet», «Versus Gas» и другие.

Интерес к выставке, как и в предыдущие годы, не ослабевает, несмотря на кризисное время. Традиционным стало посещение этой экспозиции специалистами из России и стран СНГ.

Два дня в конференц-зале гостиницы «Sofitel Victoria» выступали с докладами крупные ученые, аналитики, специалисты, представители бизнеса. Наряду с польскими докладчиками выступили представители из других стран Евросоюза и России. Основное внимание в выступлениях было уделено рынку газового моторного топлива и техническим решениям для транспортировки КПГ и СУГ. Представители ведущих фирм-производителей газобаллонного оборудования (ГБО) обсудили также вопросы маркетинга в кризисных условиях. Специалисты поделились опытом продвижения своей продукции, методами маркетинга, адресных и дифференцированных подходов.

По-прежнему актуальной является тема сертификации ГБО, поэтому с



Выступает Адам Маерчик, начальник отдела сертификации и испытаний автомобилей института автомобильного транспорта Польши



Посетители выставки у стенда польской фирмы «Elpigaz»

Обзор представленной продукции показывает, что системы распределенного впрыска газа 4-го поколения прочно заняли основное место в номенклатуре предлагаемой продукции. Начавшаяся в прошлом году тенденция вытеснения обычных блоков управления системами управления с функциями взаимодействия с европейской бортовой диагностической

системой (EOBD или OBD) прочно закрепились. Сегодня можно уверенно сказать, что блоки OBD завоевали европейский рынок ГБО.

Для бензиновых двигателей с экологическим стандартом «Евро-4» и в особенности «Евро-5», которые поступают в эксплуатацию в Россию, без блоков такого типа невозможно обеспечить экологические нормы,

заданные для базового бензинового двигателя.

Введение в этом году в России нового технического регламента «Безопасность колесных транспортных средств» предусматривает соответствие ГБА 115 правилам ЕЭК ООН. И блоки OBD позволят решить эту задачу. Блоки OBD позволят также оптимизировать настройки в оборудовании распределенного впрыска для метана.

Многие системы управления 4-го поколения оснащаются адаптерами Wi-Fi (блютуз), позволяющими значительно упростить коммуникацию с диагностируемым газобаллонным автомобилем.

Многие фирмы показали комплекты ГБО для установки на двигатели с непосредственным впрыском



Электронные блоки управления с функцией DPI комплекта ГБО для двигателей FSI

бензина. Для управления подачей газа в этих комплектах используются, например, блоки DPI, которые позволяют существенно расширить сферу применения газообразных моторных топлив за счет переоборудования двигателей автомобилей с прямым впрыском – FSI.

Показательно решение газодизельного процесса. Все фирмы, представившие такое оборудование, предлагают газ, как небольшую добавку к дизельному топливу, в основном, для улучшения экологических показателей.

Выставка показала, что в странах Восточной Европы по-прежнему высок интерес к автомобильному газобаллонному оборудованию и активно ведется его совершенствование.



У стендов польской фирмы «Auto Gas Centrum»

Новости из-за рубежа

News from abroad

Индия:

Автобусы на метано-водородной смеси

Индийская компания «Ashok Leyland» заключила соглашение о сотрудничестве с австралийской компанией «Eden Energy Limited», предусматривающее проведение масштабного демонстрационного проекта по использованию водородонасыщенного природного газа в качестве моторного топлива. В 16-миллионной столице индийского штата Махараштра Мумбае на метановодородную смесь до конца года должны быть переведены 50-70 пассажирских автобусов. Компания «Eden Energy Limited» осуществит переоборудование автобусов, строительство и монтаж заправочной станции, создание сопутствующей инфраструктуры. Автобусы принадлежат муниципальной автотранспортной компании «BEST», эксплуатирующей в Мумбае более 4000 автобусов в 25 автобусных парках. Сейчас уже больше половины автобусов работают на КПГ, а к 2013 г. на КПГ будут переведены все автобусы компании «BEST».



Технологии производства и использования водородонасыщенного природного газа известны уже не первый год. Эксперименты и опытная эксплуатация подтверждают, что водородная добавка к метану позволяет повысить степень экоэффективности двигателя. На мировом рынке можно найти изготовителей компактных водородных риформеров (производительностью до 100 м³ и чистотой продукта 99,999%), блендеров, сухих компрессоров и систем хранения с

рабочим давлением до 700 атм, заправочных колонок. Наиболее уязвимым местом водородных технологий сегодня является стоимость конечного продукта: водорода. Он значительно дороже традиционных видов моторного топлива и не может конкурировать с ними.

Компания «Eden Energy Limited» уже имеет определенный опыт в этом направлении. Так, совместно с американской фирмой «BAF Technologies» они сертифицировали метано-водородный комплект оборудования для двигателя Ford 6.8L V10, который используется на шасси Ford E-450. По уровню выбросов двигатель соответствует калифорнийским нормам. В сравнении с отработавшими газами двигателей, работающих даже на природном газе, в выхлопе метано-водородных двигателей содержание CO₂ сокращено на 10,5%, углеводородов, за исключением метана, – на 40%, метана – на 49% и твердых частиц – на 70%. Кроме того, экономичность двигателя также повысилась на 4,9%. В 2009 г. в аэропорту Сан-Франциско началась опытная эксплуатация 27 автомобилей Ford E-450 на водородосодержащих смесях.

Для автобусов в Мумбае была выбрана другая разработка: продукт совместной работы компаний «Eden Energy Limited» и «Ashok Leyland» – шестицилиндровый двигатель объемом 6 л и мощностью 92 кВт (123 л.с.), соответствующий нормам выбросов «Евро-4». Компания «Ashok Leyland» является пионером индийского газомоторного рынка. Первый метановый автобус она выпустила на линию в Мумбае в 1997 г. Сегодня в различных городах Индии работают 5,5 тыс. автобусов на КПГ.

В настоящее время известны несколько вариантов получения автомобильных метано-водородных смесей: водород получают на специальных установках на АГНКС или на борту транспортного средства. С природным газом его смешивают в

специальных блендерах и заправляют смесь в бортовые баллоны, при другом варианте водород, как и метан, заправляют в специальный баллон, и смесеобразование происходит уже на борту автомобиля.

МЕТАИнфо

Газобаллонный калейдоскоп

С целью сокращения выбросов парниковых газов **Правительство Канады** и администрация провинции Квебек подписали соглашение о долевым участии в строительстве в городе Riviere-du-Loup завода по переработке органических отходов и получения из них моторного био-метана. Общая стоимость проекта – 1 млрд. долл. США.

Правительство Канады приняло решение о разработке во взаимодействии с заинтересованными отраслями промышленности «Дорожной карты» внедрения природного газа на транспорте, как инструмента повышения экономической и экологической эффективности автомобилей большой грузоподъемности.

* * *

С 8 по 10 июня 2010 г. в **Риме (Италия)** пройдет газомоторная конференция «Революция на транспорте», организуемая Международной и Итальянской газомоторной ассоциациями. По некоторым прогнозам, мировой парк автомобилей, работающих на природном газе, к 2020 г. достигнет 50 млн. ед.

* * *

Австралийская компания «Advanced Engine Components Limited» (АЕС) завершила очередной этап создания по заказу **индийского правительства** карбюраторного газового двигателя. Двигатель продемонстрировал хорошие результаты по содержанию загрязняющих веществ в отработавших газах.

* * *

Новозеландская компания «Compac Industries Ltd» получила заказ от **индийской компании «Indraprastha Gas Limited» (IGL)** на поставку 144 газораздаточных колонок для заправки легковых автомобилей и 82 колонок для заправки автобусов.



Это уже второй заказ на метановые колонки для Индии с мая 2009 г. Конечный срок поставки оборудования – сентябрь 2010 г. Колонки предназначены для новых АГНКС в Дели и его окрестностях.

Министр энергетики Таиланда Wannarat Channukul и губернатор острова Пхукет Wichai Praisangob подписали Меморандум о взаимопонимании, зафиксировавший намерения сторон способствовать снижению уровня выбросов диоксида углерода в атмосферу путем перевода местного автомобильного транспорта на использование биометана, получаемого при переработке органических отходов.

В Пальма-де-Майорка (Балеарские острова, Испания) начинается эксплуатация первых газобаллонных автобусов, использующих в качестве моторного топлива компримированный природный газ (КПГ).

Муниципалитет города закупил у компании «Iveco Irisbus» 10 низкопольных 12-метровых автобусов Citelis (число мест для сидения – 26,



газовый двигатель Iveco Cursor-8 мощностью 272 л.с.) и два 18-метровых автобуса (число мест для сидения – 41, газовый двигатель Iveco Cursor-8 мощностью 310 л.с.).

В Пакистане введен в эксплуатацию новый автобусный парк для 100 авто-

бусов, работающих на КПГ. Строительство парка обошлось мэрии в 1,8 млн. долл. США. Сейчас автобусный парк эксплуатирует уже 75 газовых автобусов. Еще 25 ед. будут закуплены в 2010 г. Расширение парка метановых автобусов – часть стратегии администрации г. Карчи по революционному преобразованию городского транспорта.

В городе Бёрбэнк, что на юге штата Калифорния (США), полностью завершен перевод мусоровозов на КПГ. Руководитель предприятия Дэвид Родригес пояснил: «Руководство города всегда понимало, что новые технологии стоят денег. Но мы должны тратить их с умом. Наиболее разумным будет сначала заплатить несколько больше и обеспечить жителям города и штата чистый воздух». Д.Родригес также сообщил, что в сравнении с дизельным топливом на каждом эквивалентном галлоне (3,8 л) природного газа городской бюджет экономит один доллар. Кроме того, по его словам сократились затраты на техническое обслуживание и ремонт.

МЕТАИнфо

Заправочная колонка FAS 230.
 Комбинированная система учета СУГ — в литрах и килограммах. Учет плотности СУГ. Межповерочный интервал — 2 года.

Высококачественное оборудование для сжиженного углеводородного газа
 Узнайте подробнее по телефонам
 (495) 647 0577 • (812) 335 4950 • (831) 456 4727 • (383) 201 1230

FAS Flüssiggas-Anlagen
 www.fas.su

Моделирование показателей и характеристик двигателей, питаемых природным газом

А.С. Хачиян,

профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.,

В.В. Синявский,

доцент МАДИ (ГТУ), к.т.н.,

И.Г. Шишлов,

младший научный сотрудник МАДИ (ГТУ), к.т.н.,

Д.М. Карпов,

аспирант МАДИ (ГТУ)

В статье рассмотрены методики расчета цикла двигателя, питаемого природным газом (ПГ), и совместной работы двигателя с различными вариантами агрегатов наддува. Приводятся результаты расчетного анализа для ряда вариантов системы наддува, сравниваются результаты расчетов и экспериментальных данных.

Ключевые слова: двигатель, природный газ, наддув, моделирование, цикл, агрегаты наддува, совместная работа двигателя с агрегатами наддува.

Modeling of Natural Gas Engine Parameters and Performances

A.S. Khachiyan, V.V. Sinyavsky,

I.G. Shishlov, D.M. Karpov

Article is dedicated to methods of natural gas cycle modeling and consideration of joint operation of the engine with different supercharging systems. Results of performance calculations in case of different charging systems are considered. Also comparison of modeling and experimentation is given.

Keywords: Engine, Natural Gas, Supercharging, Modeling, Cycle, Charging Items, Joint Operation of the Engine with Charging Systems.

Небольшое в настоящее время в мире производство автомобильных двигателей, использующих ПГ в качестве моторного топлива (около 1% от общего мирового производства автомобилей), определяет насущную необходимость удешевления их разработки.

Выполненные ранее работы [1–3] показали целесообразность использования в двигателях, питаемых ПГ, бедных

смесей для минимизации выброса оксидов азота (NO_x). При этом обеспечение высоких удельных мощностных и низких удельных массовых показателей требует применения наддува.

Подбор системы наддува для газового двигателя является одной из наиболее емких задач. В статье рассматривается расчетный метод выбора основных элементов системы наддува. В программе расчета совместной работы газового двигателя с агрегатами наддува необходимо использовать модель собственно двигателя. Ниже излагается метод моделирования показателей цикла двигателя, питаемого ПГ.

Расчет газообмена выполняется с использованием уравнения первого закона термодинамики для открытых систем

$$dJ_{Bn} + dU + pdV + dQ_W + dJ_{Bout} = 0,$$

где J_{Bn} и J_{Bout} – теплосодержание впускаемых в цилиндры и выпускаемых из них газов;

U – внутренняя энергия газов в цилиндре;

V – текущий объем цилиндра;

Q_W – теплообмен со стенками, рассчитывается с использованием выражения Г.Вошни для коэффициента теплоотдачи [4] $\alpha_T = const D^{-0.2} P^{0.8} T^{-0.53} Cn^{0.8}$.

При детализации данного уравнения учитывается зависимость теплоемкости от переменного состава и температуры рабочего тела. Также учитывается заброс продуктов сгорания во впускной трубопровод в период перекрытия клапанов при условии $P > P_k$ (где P – давление газов в цилиндре, P_k – давление во впускном трубопроводе). Дозарядка (или обратный выброс) учитывается по эмпирическому уравнению в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя (n).

Применимость уравнений Г.Вошни для газообмена и сжатия тепловыделения – расширения проверена в серии опытов, проведенных на дизелях ЯМЗ размерностью $S/D = 140/130$ с использованием пленочных термодатчиков [5]. По результатам измерения зависимостей температур от времени (угла поворота коленчатого вала двигателя) в различных зонах деталей определялись локальные нестационарные тепловые потоки, интегрирование которых по сумме поверхностей деталей, соприкасающихся с рабочим телом в цилиндре, позволило установить зависимость коэффициента теплоотдачи от времени развития цикла. Полученные зависимости сравнивались с расчетами по уравнениям различных авторов. Наилучшее совпадение расчетов с проведенными опытами получено при использовании уравнений Г.Вошни.

При расчете теплообмена средние температуры поверхностей огневого днища головки цилиндра (поршня) и цилиндра определялись по выражениям, полученным ранее в результате проведенных опытов на дизелях семейств ЯМЗ и КамАЗ [5].

Данные выражения имеют следующий вид

$$T_{wi} = T_{oxi} + A_i \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{a_1} \left(\frac{1}{\alpha} \right)^{a_2} \left(\frac{T_k}{T_0} \right)^{a_3} \left(\frac{Cn}{10} \right)^{a_4} \left(\frac{D}{0.1} \right)^{a_5},$$

где $T_{\text{охл}}$ – температура охлаждающей жидкости;
 $T_{\text{ор}}$, P – температура и давление окружающей среды;
 α – коэффициент избытка воздуха;
 $T_{\text{к}}$ – температура воздуха (смеси) во впускном трубопроводе;
 Sp – средняя скорость поршня, м/с;
 D – диаметр цилиндра, м.
 Коэффициенты $A_{\text{в}}$, a_1 – a_5 зависят от конструкции деталей и их материала.

Расчет истечения газов через клапаны проводился с предположением квазистационарности процессов

$$dG_i = \mu f_i \sqrt{\frac{2k_i}{k_i - 1} P_1 \rho_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{k_i}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k_i+1}{k_i}} \right]} \cdot \frac{d\varphi}{dn},$$

где G_i – секундный расход газов;
 μf_i – эффективное проходное сечение клапанов (впускных или выпускных);
 k_i – показатель адиабаты, зависящий от состава и температуры;
 P_2 – давление в среде, в которую идет истечение;
 P_1 – давление в среде, из которой идет истечение;
 ρ_1 – плотность в среде, из которой идет истечение;
 φ – угол поворота коленчатого вала двигателя.

Для процессов сжатия – тепловыделения – расширения уравнение 1-го закона термодинамики с учетом утечек газов через поршневое уплотнение записывается в следующем виде

$$dQ + J_T dG_T = dG_{\text{утечек}} + dQ_w + PdV + C_V TdG + C_V GdT,$$

где $dQ = G_{\text{ци}} H_u dx$;

$G_{\text{ци}}$ – цикловая подача топлива;
 H_u – низшая теплота сгорания;
 x – коэффициент тепловыделения;

$J_T dG_T$ – учитывает энтальпию впрыскиваемого топлива (для случая внутреннего смесеобразования), величина эта мала, и в подавляющем большинстве случаев ею можно пренебречь;

$G_{\text{утечек}}$ – секундный расход газов через поршневое уплотнение, рассчитываемый также в предположении квазистационарности процесса; суммарное проходное сечение в кольцевом уплотнении рассчитывается по выражению, предложенному В.П. Калабиным [8];

dG учитывает изменения массы заряда в цилиндре из-за утечек газов и выгорания топлива.

Предусмотрены два метода определения $x = f(\varphi)$:

1. Первый метод – по уравнению, предложенному И.И. Вибе [6],

$$\frac{dx}{d\varphi} = 6,908 \frac{m}{\varphi_z} Y^m e^{-6,908 Y^{m+1}},$$

где $Y = \frac{\varphi - \varphi_{\text{востпл}}}{\varphi_z}$; $\varphi_{\text{востпл}}$ – угол начала тепловыделения;

φ_z – продолжительность тепловыделения;

m – показатель характера тепловыделения, определяющий форму кривой скорости тепловыделения.

Значения m и φ_z рассчитываются по эмпирическим выражениям в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя (n) и коэффициента избытка воздуха (α) [4].

2. Второй метод состоит в расчете по уравнению, предложенному Б.Д. Ефремовым и Б.Я. Черняком [7],

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{m\beta}{\varphi_z} \left(\frac{\theta_c + \varphi}{\varphi_z} \right) \left[1 - \left(\frac{\theta_c + \varphi}{\varphi_z} \right)^\beta \right]^{m-1},$$

где θ_c – опережение начала тепловыделения относительно ВМТ; φ – текущий угол процесса тепловыделения, принимаемый отрицательным до ВМТ.

Значения m и β определяются по выражениям, полученным в ходе данной работы с учетом особенностей работы на природном газе. По результатам осредненных для 16 циклов (на каждом из режимов) 42 кривых тепловыделения, рассчитанных по экспериментальным индикаторным диаграммам, были получены полиномы, связывающие m , β , φ_z и x_{max} с частотой вращения коленчатого вала двигателя n , углом θ_c , коэффициентом избытка воздуха α и давлением наддува $P_{\text{к}}$.

Теплообмен со стенками рассчитывается по уравнению Г.Вошни (первый вариант) [4]:

$$dQ_w = C_1 D^{-0,2} P^{0,8} T^{-0,53} \left\{ C_2 C_n + C_3 \frac{VhT_1}{P V_1} [P - P(-\varphi)] \right\}^{0,8} F(T - T_w),$$

где P_1, T_1, V_1 – параметры состояния рабочего тела в начале процесса сжатия;

Vh – рабочий объем цилиндра;

$P(-\varphi)$ – давление рабочего тела в цилиндре для симметричного относительно ВМТ момента сжатия;

F – поверхность теплообмена;

C_1, C_2, C_3 – постоянные коэффициенты.

До начала тепловыделения принято $P = P(-\varphi)$.

Второй вариант расчета теплообмена в процессах сжатия – тепловыделения – расширения проводится по уравнению А.Аннанда [9]:

$$dQ_w = \left[C_1 \frac{\lambda}{D} \text{Re}^{0,7} (T - T_w) + C_2 (T^4 - T_w^4) \right] F \frac{d\varphi}{dn},$$

где λ – коэффициент теплопроводности заряда в цилиндре;

$$\text{Re} = \frac{\rho C n D}{\mu}, \text{ а } \mu \text{ определяется выражением}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=n}^n \mu_i r_i \sqrt{\mu_i}}{\sum_{i=n}^n r_i \sqrt{\mu_i}},$$

где r_i – объемные доли компонентов;

μ_i – их динамическая вязкость.

Для нахождения коэффициентов динамической вязкости используются зависимости вида

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T}{T_0} \right)^m,$$

где μ_0 – динамическая вязкость компонентов при нормальных условиях.

Коэффициент теплопроводности смеси принимается

$$\lambda = \frac{\mu C_p}{0,7}, \text{ где } C_p \text{ – теплоемкость в процессе с постоянным}$$

давлением.

Склонность двигателя к детонации оценивается приближенно по величине температуры адиабатного сжатия заряда от давления в начале сжатия до максимального давления цикла [10].

Диссоциация учтена при расчете средних параметров цикла путем снижения максимальной температуры цикла, индикаторного КПД и среднего давления цикла по методике, изложенной в [11].

Расчет параметров цикла газового двигателя проводился итерациями. На каждой итерации выполняется пошаговый расчет одного полного цикла. Итерации повторяются до тех пор, пока разница между параметрами в контрольных точках (началах сжатия и выпуска) станет меньше 1%.

Расчеты циклов были выполнены по одной из матриц шестифакторных пятиуровневых планов. По их результатам были получены полиномы, связывающие показатели цикла с управляющими факторами. В качестве параметров, представляющих модель двигателя, использовались: индикаторный КПД (η_i), коэффициент наполнения (η_v), средняя температура газов в выпускном трубопроводе, принимаемая равной температуре на входе в турбину T_T , максимальное давление цикла (P_2), среднее давление потерь на газообмен. В качестве факторов использовались частота вращения коленчатого вала двигателя (n), коэффициент избытка воздуха (α), параметры во впускном трубопроводе P_K и T_K , момент воспламенения, среднее давление в выпускном трубопроводе.

Соответствующие полиномы использовались в программе расчета совместной работы агрегатов наддува с двигателем в качестве модели последнего.

Для расчета совместной работы двигателя с агрегатами газотурбинного наддува использовались следующие условия:

1. Равенство частот вращения валов компрессора и турбины, выполняющееся при применении турбокомпрессора (ТКР), благодаря установке колес на одном валу.

2. Равенство мощностей компрессора и турбины

$$N_K = N_T$$

$$\text{Мощность компрессора } N_K = \frac{l_{\text{Кад}} G_K}{\eta_{\text{Кад}}},$$

где $l_{\text{Кад}}$ – адиабатическая работа сжатия 1 кг воздуха (смеси);

G_K – секундный расход воздуха (смеси);

$\eta_{\text{Кад}}$ – адиабатический КПД компрессора на режиме совместной работы.

Мощность турбины равна $N_T = l_{\text{Тад}} G_T \eta_{\text{Тад}} \eta_{\text{ТКРМ}}$,

где $l_{\text{Тад}}$ – работа адиабатного расширения 1 кг отработавших газов; G_T – секундный расход отработавших газов; $\eta_{\text{Тад}}$ – адиабатный КПД турбины; $\eta_{\text{ТКРМ}}$ – механический КПД газотурбокомпрессора.

Расход газов через турбину $G_T = G_K + G_{\text{мон}}^{\text{сек}} - G_{\text{ТКР}}^{\text{утечек}}$,

где $G_{\text{мон}}^{\text{сек}}$ – секундный расход топлива (при внутреннем смесеобразовании); $G_{\text{ТКР}}^{\text{утечек}}$ – утечки через уплотнения вала ТКР.

Адиабатные КПД определяются по результатам обобщения в виде полиномов опытов, проведенных на ОАО «КамАЗ» и в ГНЦ РФ «НАМИ». В качестве факторов для компрессора выбраны наружный диаметр колеса и отношение диаметра колеса на входе к диаметру на выходе. В качестве факторов для турбины использовались диаметр на входе и минимальное сечение подвода газов к колесу турбины.

Расчеты производились итерациями. Для первого расчета задаются следующие параметры:

α – коэффициент избытка воздуха;

P_K и T_K – параметры воздуха (смеси) во впускном коллекторе;

P_T – среднее давление перед турбиной;

P_M – среднее давление механических (внутренних) потерь двигателя;

n_p – частота вращения ротора ТКР;

$G_{\text{в.ном.}}$ – номинальный секундный расход воздуха (смеси) двигателя.

В ходе последующих расчетов приведенные параметры уточнялись до совпадения N_K и N_T с точностью 1%.

В методике и программе были предусмотрены расчеты перепуска части отработавших газов, минуя турбину.

При расчете наддува от приводного нагнетателя и комбинированной системы наддува используются следующие характеристики приводного нагнетателя

$$\pi_H, \eta_H = f(n_H, G_H, P_H^{\text{ex}}),$$

где π_H – степень повышения давления в нагнетателе;

η_H – КПД нагнетателя;

n_H – частота вращения нагнетателя;

G_H – секундный расход воздуха (смеси) через нагнетатель;

P_H^{ex} – давление на входе в нагнетатель.

Передаточное отношение привода нагнетателя вводилось в исходных данных. Расчеты выполнялись с использованием следующих ограничений:

■ наибольшая скорость на внешнем диаметре колеса турбины ($U_{T1} \leq 400$ м/с);

■ температура газов на входе в турбину ($T_T \leq 1000$ К);

■ запас по помпажу ($\frac{G_K}{G_{\text{к.помп}}} > 1,1$), где $G_{\text{к.помп}}$ – расход

воздуха (смеси) на границе помпажа при степени повышения давления на режиме совместной работы.

В программу были включены уравнения для расчета среднего давления механических (внутренних) потерь. По методике ЦНИДИ приближенно учитывалось влияние колебания давления на входе в турбину на ее КПД и пропускную способность.

Наиболее полная гидравлическая схема газового двигателя с ТКР и приводным нагнетателем (ПН) представлена на рис. 1. Схема на рис. 1а включает последовательно установленные воздушный фильтр, компрессор ТКР, приводной нагнетатель, дроссельную заслонку, охладитель надувочного воздуха, поршневую часть двигателя, турбину ТКР, эжектор и глушитель. На рис. 1б показана часть впускного тракта при установке компрессора ТКР после приводного нагнетателя. При установке на двигателе двух ТКР число компрессоров и турбин ТКР, а также эжекторов и патрубков, подводящих к эжектору воздух, перепускаемый после ПН, удваивается.

Часть воздуха после компрессора $G_{к.пер}$ может перепускаться на вход в турбину, часть воздуха после нагнетателя $G_{т.пер}$ может перепускаться на выход как непосредственно из турбины, так и через эжектор.

С учетом того, что на двигателе могут устанавливаться один или два ТКР ($i_{ткр}$ – число ТКР) и соответственно один или два эжектора на выходе из турбин, расходы через все элементы гидравлической схемы двигателя определяются в соответствии с рис. 1.

Последовательность установки компрессор ТКР – ПН:

$$G_k = G_{\phi} / i_{ткр};$$

$$G_n = (G_k - G_{к.пер}) i_{ткр};$$

$$G_v = G_n - G_{н.пер}.$$

Последовательность установки ПН – компрессор ТКР:

$$G_n = G_{\phi};$$

$$G_k = (G_n - G_{н.пер}) / i_{ткр};$$

$$G_v = (G_k - G_{к.пер}) i_{ткр}.$$

Продолжение расчета:

$$G_{см} = G_v + G_{топ};$$

$$G_{др} = G_{охл} = G_{др};$$

$$G_t = G_{др} / i_{ткр} + G_{к.пер} - G_{т.пер};$$

$$G_{эж} = (G_t + G_{т.пер}) + G_{н.пер} / i_{ткр}, \text{ при двух эжекторах};$$

$$G_{гл} = G_{эж} i_{ткр}.$$

Данные обозначения ясны из рис. 1.

Для моделирования влияния охладителя надувочного воздуха на показатели и характеристики использовались полученные ранее расходные характеристики вентилятора $V_{вент} = f(n)$, характеристики потерь давления на

охладителе $\Delta P_{охл} = f(P_k, V_{охл})$ и $E_{охл} = f\left(\frac{G_{охл}}{G_{вент}}, \rho_k\right)$, где

$V_{вент}, G_{вент}$ – объемный и массовый расходы воздуха, подаваемого вентилятором; $V_{охл}, G_{охл}$ – объемный и массовый расходы надувочного воздуха.

Анализу были подвергнуты следующие варианты систем наддува:

1. Система с двумя газотурбокомпрессорами ($D_{к2} = D_{т1} = 0,075 \text{ м}^2, F_{т0} = 0,0006 \text{ м}^2, D_{к1}/D_{к2} = 0,55$) и перепуском части газов, минуя турбины, на режимах $n > n_{Мк.макс}$.
2. Система с одним газотурбокомпрессором ($D_{к1} = D_{т1} = 0,095 \text{ м}^2, F_{т0} = 0,0016 \text{ м}^2, D_{к1}/D_{к2} = 0,55$ и $D_{к1}/D_{к2} = 0,65$) и перепуском части газов, минуя турбину, на режимах $n > n_{Мк.макс}$.
3. Система с двумя газотурбокомпрессорами, имеющими те же параметры, что и в п. 1, и перепуском части воздуха, нагнетаемого компрессорами, на выход турбин.

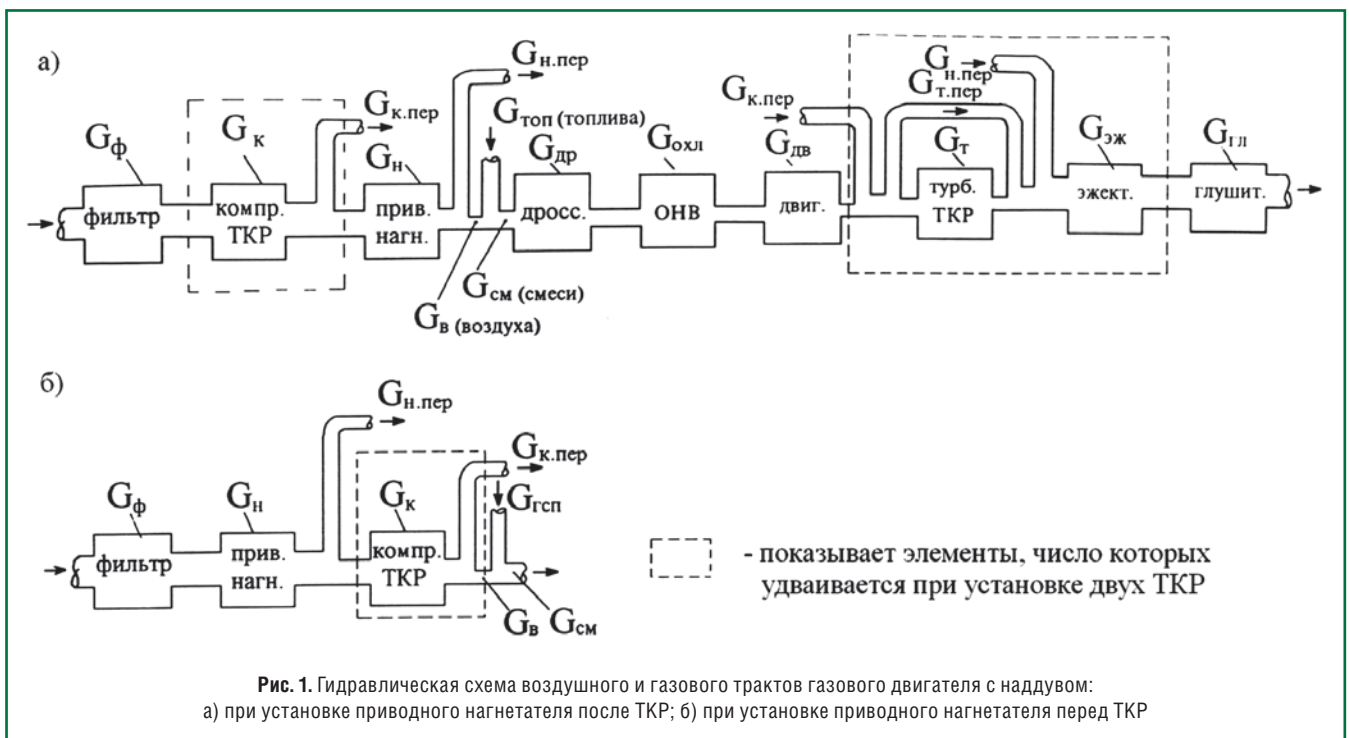
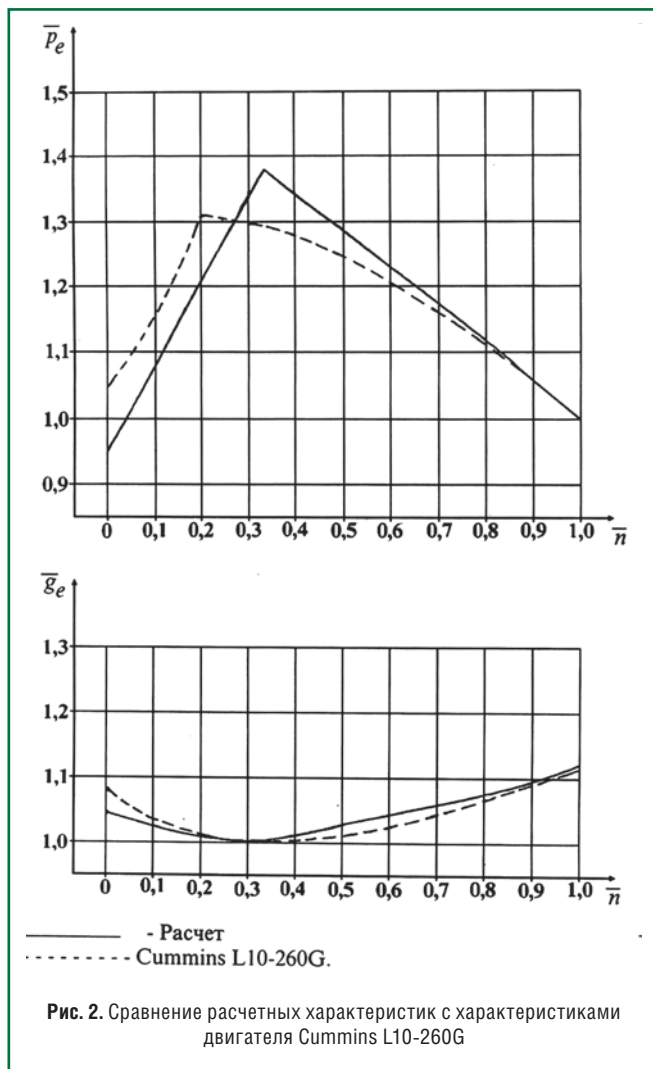


Рис. 1. Гидравлическая схема воздушного и газового трактов газового двигателя с наддувом:

а) при установке приводного нагнетателя после ТКР; б) при установке приводного нагнетателя перед ТКР



4. Система с одним газотурбокомпрессором, имеющим те же параметры, что и в п. 2, и перепуском части воздуха, нагнетаемого компрессором, на выход турбины.

5. Система с приводным нагнетателем.

6. Комбинированная система наддува, включающая два ТКР ($D_{K2} = D_{T1} = 0,075 \text{ м}^2$, $F_{T0} = 0,0013 \text{ м}^2$, $D_{K1}/D_{K2} = 0,55$) и используемый в качестве второй ступени приводной нагнетатель, примененный ранее на дизеле КамАЗ-7406Т, с вариатором частоты вращения в приводе нагнетателя.

7. Комбинированная система наддува, включающая два ТКР, имеющих те же параметры, что и в п. 1, с перепуском части газов, минуя турбины, и приводной нагнетатель, отключаемый при $n > n_{\text{Мк.макс}}$.

8. Комбинированная система наддува, включающая два ТКР ($D_{K2} = D_{T1} = 0,075 \text{ м}^2$, $F_{T0} = 0,0007 \text{ м}^2$, $D_{K1}/D_{K2} = 0,55$) и приводной нагнетатель, отключаемый при $n > n_{\text{Мк.макс}}$.

Расчетным путем по методике, кратко охарактеризованной выше, определялись внешние скоростные характеристики, обеспечиваемые в диапазоне $n = 1000\text{--}2200 \text{ мин}^{-1}$ при неизменном коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1,5$. Системы подбирались так, чтобы при номинальной частоте

вращения коленчатого вала двигателя можно было обеспечить мощность двигателя $N_e = 200 \text{ кВт}$.

Интерес к использованию двух ТКР был связан со стремлением к наибольшей унификации с базовым дизелем КамАЗ. Возможность применения на газовом двигателе комбинированной системы наддува связана с тем, что заводом совместно с МАДИ (ГТУ) прорабатывался в прошлом вариант дизеля КамАЗ-7406Т с комбинированным наддувом. По результатам проведенного расчетного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Перепуск части газов, минуя турбину (турбины), обеспечивает несколько лучшую экономичность, чем перепуск части воздуха, нагнетаемого компрессором (компрессорами), на выход турбины (турбин).

2. В случае использования двух ТКР базового дизеля и перепуске газов, минуя турбины, достигается незначительный по величине запас крутящего момента (менее 2%).

3. При использовании одного подобранного по сечению турбины ТКР больших размеров и с перепуском части газов, минуя турбину, запас крутящего момента достигает 38%.

4. Лучшие, чем при двух ТКР, показатели достигаются при одном ТКР с оптимизацией в обоих случаях минимального сечения канала подвода газов к колесу турбины благодаря, в основном, более высокому КПД ТКР.

5. Применение приводного нагнетателя типа $P_{\text{утс}}$ с числом n на номинальном режиме 4500 мин^{-1} обеспечивает незначительный запас крутящего момента (2,4% при достижении $M_{\text{к.макс}}$ на $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$, а не на $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$, как в случае остальных вариантов системы наддува). Экономичность двигателя на всех режимах хуже, чем в случае двух ТКР, и тем более хуже, чем в случае одного ТКР.

6. Применение двух ТКР базового дизеля и в качестве второй степени наддува нагнетателя типа $P_{\text{утс}}$ отключаемого при частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$, позволяет существенно повысить запас крутящего момента (с 11,8 до 33,5%). Однако на внешней скоростной характеристике в результате отключения нагнетателя появляется резкий провал момента, что может оказать неблагоприятное воздействие на динамические качества автомобиля.

7. Были проверены два способа формирования благоприятной внешней характеристики при комбинированной системе наддува с двумя ТКР и одним нагнетателем, используемым в качестве второй ступени компримирования: а) использованием в приводе нагнетателя вариатора; б) применением двух ТКР с турбинами малого сечения и перепуском части газов, минуя турбину, после отключения нагнетателя. В обоих случаях удалось обеспечить благоприятную внешнюю характеристику.

8. Сравнение характеристики двигателя, обеспечиваемой при системе наддува с двумя ТКР, с характеристикой, обеспечиваемой при комбинированном наддуве с одним ТКР, выявляет преимущества комбинированной системы

Таблица

$F_{ТО}, \text{см}^2$	$n, \text{мин}^{-1}$	$N_e, \text{кВт}$	$M_k, \text{Н*м}$	$P_e, \text{МПа}$	α	η_e	
8	1400	129,0	880	1,0190	1,500	0,372	Расчет
8	1600	155,8	930	1,0760	1,456	0,358	Опыт
8	2200	192,8	836	0,9690	1,500	0,351	Расчет
8	2200	193,0	838	0,9697	1,562	0,331	Опыт
7	1600	171,2	1022	1,1830	1,4220	0,385	Расчет
7	1600	185,1	1040	1,2780	1,525	0,374	Опыт
7	2200	211,9	920	1,0680	1,510	0,363	Расчет
7	2200	205,0	890	1,0300	1,493	0,338	Опыт

в диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя $n < n_{\text{мк.макс}}$. При $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ среднее эффективное давление, а следовательно и крутящий момент двигателя, выше, чем при системе газотурбинного наддува, на 26%. Заметно выше также запас крутящего момента (45% вместо 38%). По экономичности комбинированная система наддува несколько уступает системе газотурбинного наддува с одним ТКР и перепуском части отработавших газов, минуя турбину ($g_{\text{е.ср}}$ выше на 1,7 г/кВт·ч).

9. При всех исследованных вариантах системы наддува практически на всех режимах температура адиабатного сжатия последней части заряда до максимального давления цикла ниже 1050 К, что может обеспечить работу двигателя при степени сжатия $\epsilon = 12$ без детонации. Этот вывод подтвержден экспериментально.

10. По результатам расчетного анализа оптимальный вариант системы наддува – с одним ТКР и перепуском части отработавших газов, минуя турбину. Для обеспечения большей унификации с серийно выпускаемыми моделями дизелей КамАЗ с наддувом возможно применение и системы газотурбинного наддува с двумя ТКР, имеющими существенно меньшее сечение турбин, чем в базовом дизеле, и перепуском части газов, минуя турбину. При этом, однако, ниже окажется запас крутящего момента и незначительно выше будут расходы топлива.

На рис. 2 приведено в относительных величинах сравнение характеристик крутящего момента и удельного эффективного расхода топлива газового двигателя, разработанного на базе дизелей фирмой «Cummins», с расчетными характеристиками газового двигателя с газотурбинным наддувом, разработанного на базе дизеля КамАЗ. Приведение характеристик в относительных единицах связано с различиями в рабочем объеме и номинальном моменте двигателей, а также в теплотворной способности газов.

В обоих случаях используется концепция «двигателя, работающего на бедных смесях». Следует отметить достаточно близкий характер изменения параметров во внешней скоростной характеристике в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя.

В таблице приведено сравнение показателей, полученных при опытах, с расчетными показателями для ряда режимов.

Проведенное сравнение параметров (см. таблицу и рис. 2) подтверждают достаточную адекватность разработанного пакета программ. Несколько более низкие значения эффективного КПД при проведении эксперимента, особенно при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя, объясняются установкой поздних (неоптимальных по расходу топлива) углов опережения зажигания с целью снижения выбросов NO_x .

Литература

1. Хачиян А.С., Кузнецов В.Е., Шишлов И.Г. Перевод отечественных дизелей, находящихся в эксплуатации, на питание природным газом – рациональный способ улучшения экологических характеристик. – «АГЗК+АТ», № 2 (44) 2009 г.
2. Хачиян А.С., Кузнецов В.Е., Водейко В.Ф., Шишлов И.Г. Результаты разработки газовых двигателей в МАДИ (ГТУ). – «АГЗК+АТ», № 3 (21) 2003 г.
3. Khatchiyan A.S., Kuznetsov V.E., Ishishlov G. The analysis of ways to ensure low emission (methane inclusive) from natural gas fueled engines. – «Silniki Spalinowe» № 2 (125) 2006 г.
4. Woshni G.A. Universally Applicable Egnition for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in the Internal Combustion Engine. – SAE Tech. Paper № 670931.
5. Чернышев Г.Д., Хачиян А.С., Пикус В.И. Рабочий процесс и теплонапряженность автомобильных дизелей. М., Машиностроение, 1986 г.
6. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. – М., Машгиз, 1962 г.
7. Ефремов Б.Д., Черняк Б.Я. Математическая модель процесса тепловыделения в двигателях внутреннего сгорания. – Сб. науч. трудов МАДИ «Автомобильные двигатели внутреннего сгорания». Вып. 126. М., 1976 г.
8. Калабин В.П. Тепловые процессы в двигателях внутреннего сгорания. – М., Машгиз, 1959 г.
9. Annand A. Heat Transfer in the Cylinder of Reciprocating Internal Combustion Engines. – Proc. Inst. Mech. Engrs. Vol. 177, № 86, 1963 г.
10. Mendis K.J.S., Stone C.R., Ladommatos N., Weller G. Modeling and Measurements From a Natural Gas Fueled Engine. – SAE Tech. Paper № 930927.
11. Морозов К.А. Расчет цикла двигателя внутреннего сгорания с учетом диссоциации. Научные записки Львовского политехнического института, выпуск XXXIX, Львов, 1957 г.

Расчет оптимальных параметров огнестойкого экрана противопожарных штор и укрытий

В.Л. Страхов,

зам. генерального директора ЗАО «Теплоогнезащита»,
профессор, д.т.н.,

С.В. Заикин,

начальник отдела ЗАО «Теплоогнезащита»

Для повышения пожарной безопасности зданий, сооружений и наружных технологических установок объектов нефтегазового комплекса разработаны противопожарные шторы и укрытия. Ограждающей частью противопожарных штор и укрытий является капиллярно-пористый водосодержащий огнестойкий экран. Разработана математическая модель, описывающая физические процессы, протекающие в экране при пожаре и определяющие его огнестойкость. Разработаны алгоритм и программа для расчета оптимальных параметров экрана. Приведены результаты расчета.

Ключевые слова: противопожарная преграда, противопожарные шторы, противопожарное укрытие, огнестойкий экран, пожарная безопасность, огнестойкость, математическая модель, комбинированный способ повышения огнестойкости конструкции.

Optimal parameters calculation of fire-resistant shield for fire-prevention blind and shelters

V.L. Strakhov, S.V. Zaikin

For increase of fire-prevention level of buildings, structures and external technological equipment fire-prevention blind and shelters are designed. Fire-resistant shield is protective element of fire-prevention blind and shelters. To describe physical processes in the shield in fire and to determine fire-resistance, mathematical model is developed. To calculate shield optimal parameters, algorithm and program are developed. Calculation results are presented.

Keywords: fire-prevention barrier, fire-prevention blind, fire-prevention shelter, fire-resistant shield, fire-resistance, fire safety, mathematical model, combined way for increase of construction fire-resistance.

Одной из обязательных мер по обеспечению пожарной безопасности зданий и сооружений, установленных Федеральным законом № 123-ФЗ [1], являются мероприятия по ограничению распространения пожара. В рамках этих мероприятий СП 2.13130.2009 [2] предусматривается устройство в зданиях и сооружениях противопожарных преград.

Для удобства эксплуатации ряда зданий и сооружений, в том числе в составе объектов нефтегазового комплекса, для заполнения проемов в противопожарных стенах большой площади могут применяться противопожарные шторы. Ограждающей частью противопожарных штор является огнестойкий экран, который в штатном режиме эксплуатации здания располагается в свернутом виде над проемом, а по сигналу о начале пожара разворачивается, заполняя проем. При этом требуемый предел огнестойкости экрана может составить EI150.

Кроме того, на объектах нефтегазового комплекса существует потребность в локальной защите от пожара технологического оборудования. Для этой цели авторами было разработано противопожарное (огнезащитное) укрытие [3].

Для достижения указанного высокого уровня огнестойкости во всех существующих конструкциях противопожарных штор и укрытий производится орошение поверхности экрана водой. Для повышения эффективности таких конструкций авторами предложен экран, в принципе действия которого совмещены пассивный и активный способы повышения огнестойкости [4].

Экран выполняется из капиллярно-пористых термостойких волокнистых материалов по швейной технологии. В его структуре при работе создается парокапельно-воздушная среда из охлаждающей жидкости. В качестве охлаждающей жидкости используется вода, подаваемая в непрерывном режиме в верхнюю часть экрана и стекающая вниз по порам под действием силы тяжести. Огнестойкий экран подвергается одностороннему огневому воздействию, которое характеризуется наличием непосредственного контакта пламени с обогреваемой поверхностью. Одновременно происходит испарение воды, сопровождающееся массопереносом пара в капиллярно-пористой среде стенки в направлении к обогреваемой поверхности.

Для расчета оптимальных параметров огнестойкого экрана разработана математическая модель, описывающая процессы тепломассопереноса в его стенке.

При моделировании процессов тепломассопереноса рассматривается двумерная область, ограниченная по поперечной координате ξ поверхностями экрана, а по продольной координате η – основанием и высотой экрана. Расчетные схемы, соответствующие режимам работы огнестойкого экрана при наличии воды в его капиллярно-пористой стенке, приведены на рис. 1.

На рис. 1 использованы следующие обозначения: q_w – плотность теплового потока, поглощенного обогреваемой

поверхностью экрана; \dot{m}_v – массовая скорость испарения воды; ξ_d – координата фронта испарения; T_w – температура обогреваемой поверхности; T_v – температура испарения; T_f – температура пламени; α_f – коэффициент конвективной теплоотдачи от продуктов горения к омываемой ими поверхности экрана; ε_f – излучательная способность пламени; \dot{m}_w – массовая скорость течения воды; δ – толщина экрана.

Математическая модель построена на основе соотношений теории тепломассопереноса А.В. Лыкова и Ю.А. Михайлова, а также результатов исследований, обобщенных в работах В.М. Ройтмана и В.Л. Страхова. Приняты и обоснованы следующие допущения:

- массоперенос воды в поперечном направлении и водяного пара в продольном направлении экрана очень мал, и им можно пренебречь;

- процесс теплопередачи от обогреваемой поверхности через зону сухого материала к фронту испарения квазистационарен;

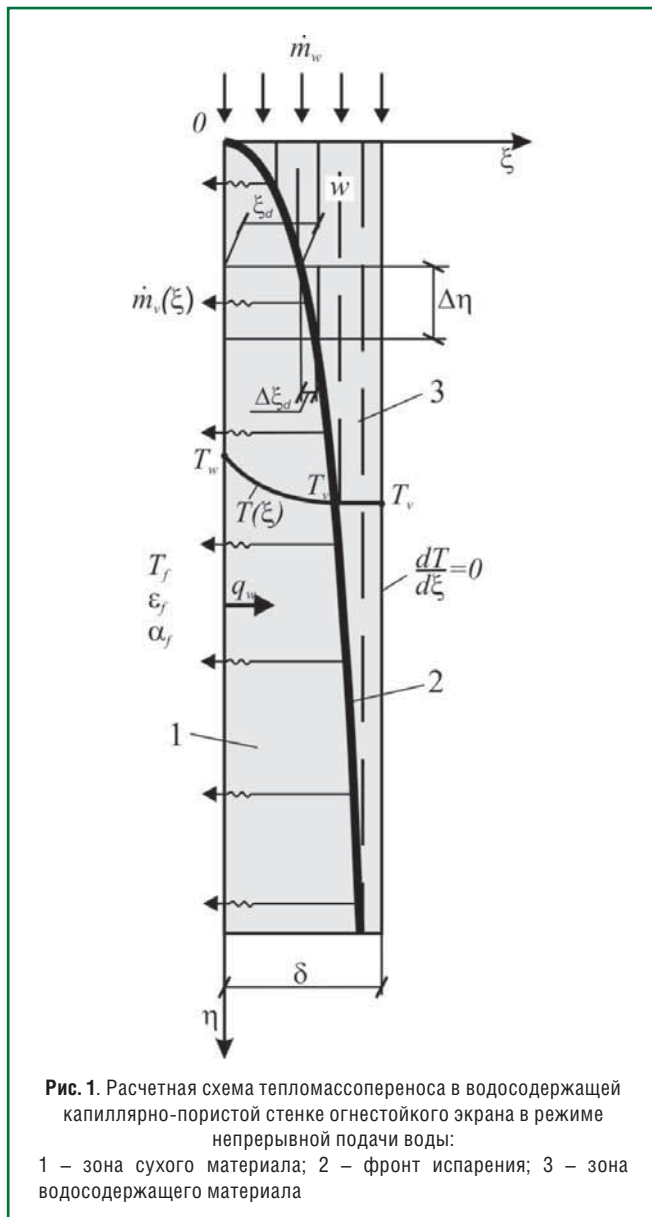


Рис. 1. Расчетная схема тепломассопереноса в водосодержащей капиллярно-пористой стенке огнестойкого экрана в режиме непрерывной подачи воды:
1 – зона сухого материала; 2 – фронт испарения; 3 – зона водосодержащего материала

- отток теплоты от необогреваемой поверхности экрана очень мал, и им можно пренебречь;

- количество пор, их ориентация и характерный размер одинаковы для каждого элементарного объема стенки экрана;

- в исходном состоянии содержащий воду волокнистый материал огнестойкого экрана прогрет до температуры, близкой к температуре кипения воды;

- температура подаваемой в стенку экрана воды близка к температуре кипения;

- значение концентрации воды за фронтом испарения не зависит от положения фронта испарения.

Таким образом, классическая краевая задача тепломассопереноса в двумерной постановке преобразуется к двум, решаемым совместно, квазиодномерным задачам по координатам ξ и η .

Согласно упрощающим допущениям, дифференциальное уравнение, описывающее теплоперенос по толщине сухого слоя стенки экрана (с учетом влияния массопереноса водяного пара) принимает вид

$$\frac{d}{d\xi} \left(\lambda_{\Sigma} \frac{dT}{d\xi} \right) + \dot{m}_v c_p \frac{dT}{d\xi} = 0. \quad (1)$$

Уравнение (1) должно решаться при следующих граничных условиях:

$$0 \leq \xi < \xi_d(t); q_w = -\lambda_{\Sigma} \frac{dT}{d\xi} \Big|_{\xi=0}; -\lambda_{\Sigma} \frac{dT}{d\xi} \Big|_{\xi=\xi_d} = r \rho_o w \dot{\xi}_d; T \Big|_{\xi=\xi_d} = 100^{\circ}C. \quad (2)$$

В выражениях (1, 2) приняты следующие обозначения: ρ_o – исходное значение объемной плотности сухого материала огнестойкого экрана; c_p – теплоемкость пара; T – температура; λ_{Σ} – эффективная (суммарная) теплопроводность в зоне сухого материала; r – тепловой эффект фазового превращения вода-пар; $\dot{\xi}_d$ – линейная скорость перемещения фронта испарения.

Входящие в выражения (1, 2) параметры определяются по следующим формулам:

$$\dot{m}_v = \rho_o w \dot{\xi}_d; \quad (3)$$

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda (1 - \varphi_d)^{1,5} \cdot M_k + \lambda'' \varphi_d^{0,25} + \Theta T^3; \quad (4)$$

$$\varphi_d = 1 - \rho_o / \rho'; \quad (5)$$

$$q_w = A_f \sigma (T_f^4 - T_w^4) + (\alpha_f - \eta_v \dot{m}_v c_p) (T_f - T_w), \quad (6)$$

где $A_f = 1 / (1/\varepsilon_f + 1/\varepsilon_w - 1)$; η_v – коэффициент вдува пара в граничный слой газового потока, омывающего поверхность экрана; ε_f – излучательная способность пламени; ε_w – степень черноты поверхности экрана; λ' λ'' – теплопроводности каркаса пористого материала и газа, заполняющего поры; M_k – параметр контактного сопротивления; Θ – параметр лучистого теплопереноса.

Для упрощения интегрирования уравнения (1) производится замена зависящей от температуры теплопроводности

λ_{Σ} на ее среднеинтегральное значение в диапазоне температур от T_v до T_w

$$\lambda = \left(\int_{T_v}^{T_w} \lambda_{\Sigma}(T) dT \right) / (T_w - T_v). \quad (7)$$

Решение обыкновенного дифференциального уравнения (1) с граничными условиями (2) и с учетом формул (3-7) приводит к следующим разрешающим выражениям:

$$\xi_d \equiv \frac{d\xi_d}{dt} = \frac{q_w}{\rho_o w (r + c_p (T_w - T_v))}; \quad (8)$$

$$q_w = \frac{A_f \sigma (T_f^4 - T_w^4) + \alpha_f (T_f - T_w)}{1 + \frac{\eta_v (T_f - T_w)}{T_w - T_v + r/c_p}}; \quad (9)$$

$$T_w = T_v + \frac{r}{c_p} \left[\exp \left(\xi_d \frac{A_f \sigma (T_f^4 - T_w^4) + \alpha_f (T_f - T_w)}{\lambda [(T_w - T_v + r/c_p) + \eta_v (T_f - T_w)]} \right) - 1 \right]. \quad (10)$$

Подстановка (3) в (8) дает выражение для массовой скорости испарения воды вида

$$\dot{m}_v = \frac{q_w}{r + c_p (T_w - T_v)}. \quad (11)$$

Дифференциальное уравнение (8) должно решаться при начальном условии

$$\xi_d|_{t=0} = 0. \quad (12)$$

Из его решения находится время сушки слоя толщиной ξ_d .

При непрерывной подаче воды предельное распределение по длине экрана сухого слоя (в стационарном состоянии процесса) определяется решением обыкновенного дифференциального уравнения, полученного из условия баланса массы в элементарном слое $\Delta\eta$

$$\frac{d\xi_d}{d\eta} = \frac{\dot{m}_v(\xi_d)}{\dot{m}_w}. \quad (13)$$

Дифференциальное уравнение (13) должно решаться при граничном условии

$$\xi_d|_{\eta=0} = 0. \quad (14)$$

В процессе решения дифференциального уравнения (13) с применением выражения (11) на каждом шаге по вертикальной локальной координате η требуется определять значения q_w и T_w согласно выражениям (9, 10).

Решение дифференциального уравнения (13) позволяет определить минимальный расход подаваемой воды при предварительно задаваемых конструктивных параметрах экрана и теплофизических характеристиках материала его стенки. Критерием оптимальности является отсутствие вытекания воды из нижней части экрана, обеспечиваемое при условии

$$\xi_d|_{\eta=H} = \delta, \quad (15)$$

где H – высота экрана.

Массоперенос воды в капиллярно-пористой стенке огнестойкого экрана по координате η описывается законом Дарси

$$\dot{M} = \frac{k_f S \rho_w}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{L}, \quad (16)$$

где S – площадь фильтрации; L – длина зоны фильтрации; ΔP – разница давлений на длине зоны фильтрации; \dot{M} – массовый расход жидкости; k_f – коэффициент проницаемости; μ – динамическая вязкость воды; ρ_w – плотность воды.

Разница давлений на длине зоны фильтрации определяется как разность массы перемещающейся в стенке экрана воды и силы сопротивления, определяющейся высотой ее капиллярного поднятия.

При непрерывном режиме подачи массовая скорость течения воды по порам в стенке экрана на ширине 1 м постоянна и может быть определена согласно следующему выражению, полученному из (15):

$$\dot{m}_w = \frac{\dot{M}}{\delta} = \frac{k_f \rho_w}{\mu} \cdot \frac{\rho_o (w - w_a) g \cos \alpha (H - h_k)}{H}, \quad (17)$$

где g – ускорение свободного падения; h_k – высота капиллярного поднятия жидкости; α – угол между осью локальных координат η и вертикалью; w_a – массовое содержание адсорбционной влаги.

Расчет оптимальных параметров конструкции огнестойкого экрана, производится в два этапа. На первом этапе по предварительно заданным конструктивным параметрам огнестойкого экрана производится расчет оптимального расхода воды, подаваемой в его стенку. Данный расчет сводится к определению распределения толщины сухого слоя по высоте экрана и основывается на решении обыкновенного дифференциального уравнения (13), которое проводится численно – методом Эйлера, в соответствии с выражением

$$\xi_{d_i} = \xi_{d_{i-1}} + \frac{\dot{m}_v(\xi_{d_{i-1}})}{\dot{m}_w} \cdot \Delta\eta; \quad i=1,2,\dots,I. \quad (18)$$

В процессе решения дифференциального уравнения (13) на каждом шаге по вертикальной локальной координате η требуется определять значения q_w и T_w .

Температура обогреваемой поверхности экрана T_w определяется из решения алгебраического уравнения (10). Нахождение действительного корня T_w производится численно – методом простых итераций. При этом значение толщины сухого слоя ξ_d , входящей в данное уравнение, берется с предыдущего шага по координате η .

По найденному значению T_w по формуле (9) определяется текущее значение плотности теплового потока q_w поглощенного обогреваемой поверхностью экрана, а также зависящие от нее теплофизические характеристики материалов стенки экрана – λ и ε_w .

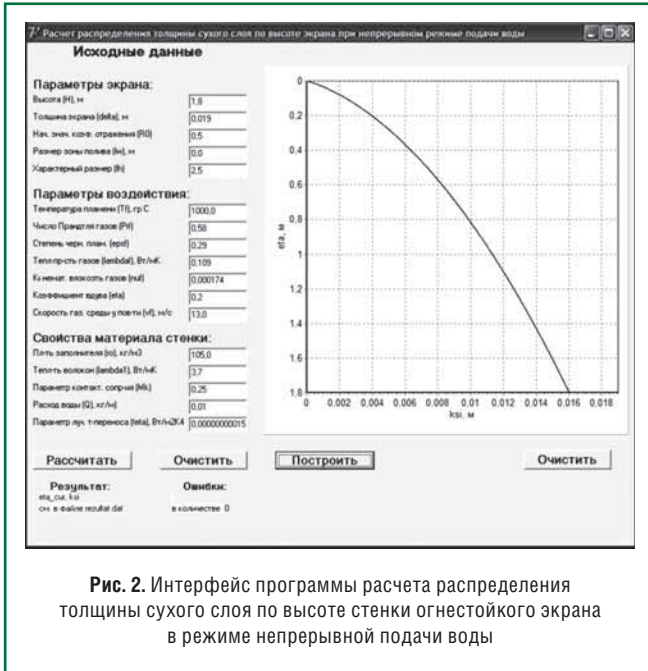


Рис. 2. Интерфейс программы расчета распределения толщины сухого слоя по высоте стенки огнестойкого экрана в режиме непрерывной подачи воды

В связи с тем, что коэффициент конвективной теплоотдачи от горячих газов пламени к омываемой ими поверхности экрана должен определяться средней температурой обогреваемой поверхности, для решения уравнения (13) требуется N итераций. На каждой итерации с первой до $N-1$ решением уравнения (13) определяется распределение по высоте температуры обогреваемой поверхности и ее среднее значение. Критерием завершения этого процесса является непревышение разности средних температур обогреваемой поверхности, полученных на текущем и предыдущем шаге, заданного значения точности. На первой итерации средняя температура обогреваемой поверхности принимается равной $(T_w - T_v)/2$.

Требуемый расход воды определяется последовательным приближением к оптимальному распределению толщины сухого слоя по высоте экрана, при котором вся вода, подаваемая в его стенку, расходуется на испарение и не вытекает в окружающее пространство из нижней части экрана. При этом температура в любой точке, расположенной на необогреваемой поверхности экрана, должна быть равна температуре испарения воды, то есть 100°C .

Достоверность разработанной математической модели доказана путем сравнения результатов расчета с экспериментальными данными [5].

Для проведения численных расчетов распределения толщины сухого слоя в стенке огнестойкого экрана в режиме непрерывной подачи воды на основе полученных выражений и описанного алгоритма разработана программа на языке Delphi 7, интерфейс которой показан на рис. 2. Результатом расчета в данной программе является графическое изображение распределения толщины сухого слоя по высоте экрана. Графическим представлением

оптимального распределения толщины сухого слоя по высоте экрана является стремление его значения в крайней нижней точке к толщине экрана δ .

На втором этапе определяются необходимые характеристики материалов стенки огнестойкого экрана для обеспечения массопереноса воды в продольном направлении с определенным расходом \dot{M} .

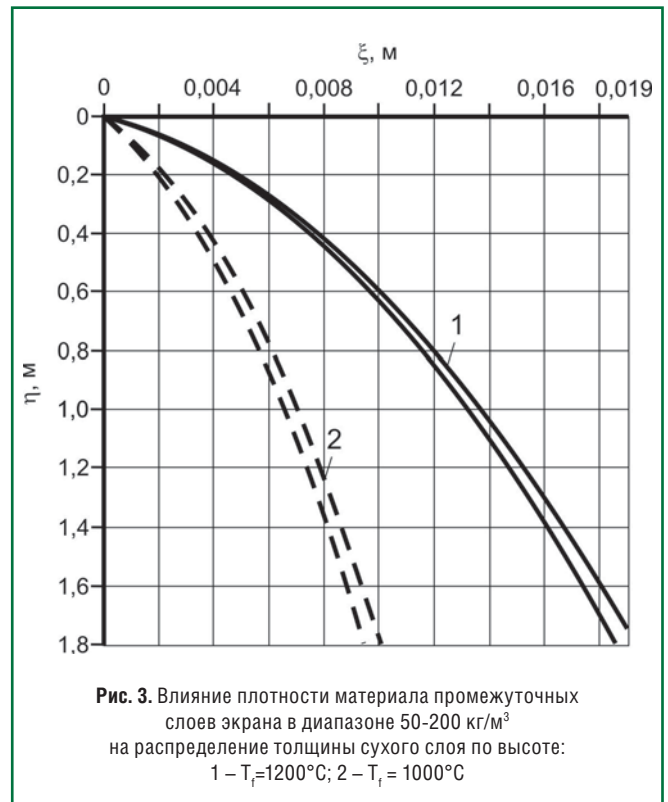
Расчеты проводились в диапазоне варьируемого параметра плотности ρ_0 нетканых рулонных материалов на основе базальтовых или кремнеземных волокон $80-200 \text{ кг/м}^3$. Практически целесообразная толщина экрана H находится в пределах $5-20 \text{ мм}$.

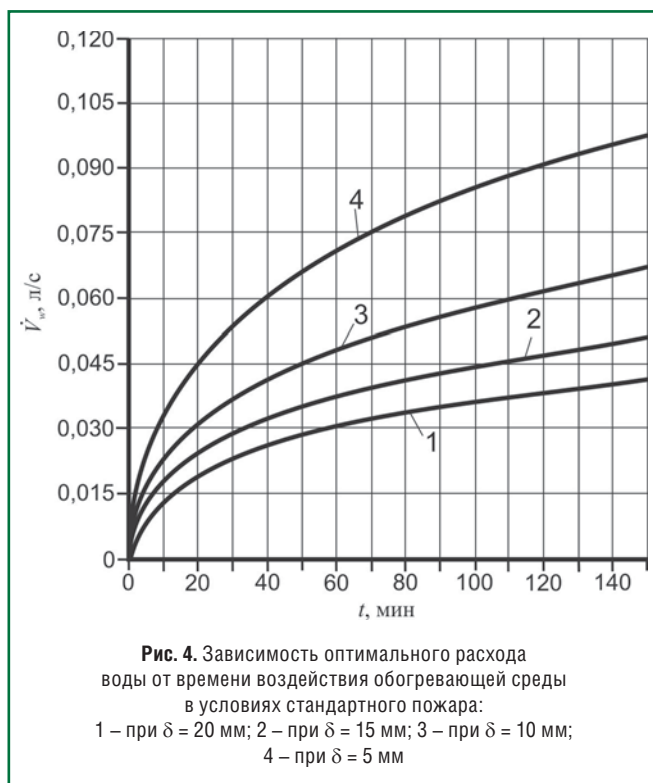
Характеристики, определяющие содержание и массоперенос воды, были определены экспериментально для экрана, изготовленного из базальтоволоконного войлока, выпускаемого под маркой МБОР-5, и составили: $w_{\text{max}} = 5,68 \text{ кг/кг}$; $w_a = 1,06 \text{ кг/кг}$; при $t = 100^\circ\text{C}$ $h_k = 0,36 \text{ м}$, $k_f = 1,74 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$.

Следует отметить, что при изменении плотности материала в пределах указанного диапазона содержание воды w_{max} должно меняться незначительно.

Результаты расчетов представлены на рис. 3 и 4.

Из графиков, представленных на рис. 3, видно, что плотность промежуточных слоев, изготавливаемых из базальтовых волокнистых нетканых материалов, в диапазоне значений $80-200 \text{ кг/м}^3$ не оказывает заметного влияния на огнестойкость экрана. Следовательно, плотность может являться варьируемым параметром для обеспечения течения воды по порам стенки экрана с требуемым расходом, в соответствии с выражением (17). Изменение расхода, в данном случае, обуславливается изменением





коэффициента проницаемости согласно выражению Козени – Кармана

$$k_f = \frac{1}{k} \cdot \frac{\varphi_d^3}{(1 - \varphi_d)^2} \cdot \frac{1}{S_f^2}, \quad (19)$$

где φ_d – пористость;
 S_f – удельная поверхность волокон;
 k – структурный фактор.

Для режима стандартного пожара [6] температура обогревающей среды достигает значения, близкого к стационарному приблизительно через 1 ч. В связи с этим при постоянном расходе воды, который должен рассчитываться на максимальную температуру, распределение толщины сухого слоя по высоте экрана в интервале времени от 0 до 60 мин не будет оптимальным. Это приведет к образованию существенного количества неиспарившейся воды, вытекающей из экрана в окружающее пространство.

Данное явление можно устранить, применив в конструкции противопожарной шторы автоматику, которая по сигналу датчика, установленного на необогреваемой поверхности у нижнего края экрана, будет регулировать расход воды. Оптимальный расход подаваемой в экран воды будет также зависеть от толщины экрана и его высоты. Пример зависимости оптимального расхода воды от времени воздействия стандартного пожара для экрана высотой 3 м и разной толщины приведен на рис. 4.

Отличительной особенностью режима горения углеводородного топлива является выход T_f на квазистационарный режим в течение 5 мин [7]. Среднее значение T_f

в квазистационарном режиме для большинства видов топлива составляет 1150°C . Данному режиму на рис. 4 приблизительно соответствует расход подаваемой в экран воды при $t=150$ мин. Однако на практике огневое воздействие при горении углеводородного топлива имеет выраженный пульсационный характер в диапазоне $T_f = 700-1340^\circ\text{C}$. Следовательно, регулировка расхода воды в этом случае также актуальна.

Расчеты, выполненные с применением формул (19), подтверждают возможность обеспечения требуемого расхода воды путем подбора материалов экрана в указанном диапазоне изменения его плотности (пористости).

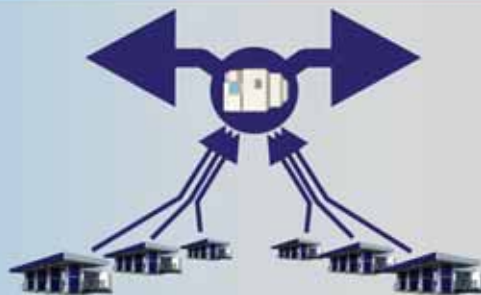
Таким образом, в результате выполненных расчетов оптимальных параметров огнестойкого экрана противопожарных штор и укрытий установлено следующее:

1. Расход воды, подаваемой в огнестойкий экран на основе комбинированного способа повышения огнестойкости, значительно ниже в сравнении с существующими аналогами.
2. Показана теоретическая возможность реализовать принцип отсутствия вытекания воды из экрана в окружающее пространство.
3. Необходимы экспериментальные исследования диапазона варьирования расхода воды для фактических значений плотности волокнистых рулонных материалов, применяемых для изготовления экрана.

Литература

1. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
2. СП 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
3. **Заикин С.В., Страхов В.Л., Каледин В.О.** Новый способ и средства огнезащиты для объектов нефтегазового комплекса. – Транспорт на альтернативном топливе. – 2009, № 4. – С. 28-32.
4. Патент 2229910 (Россия): Способ ослабления воздействия потока энергии в виде света, тепла и конвективных газовых потоков, огнестойкий экран и огнезащитное укрытие на его основе. 2003. МПК А62 С 2/10.
5. **Заикин С.В., Страхов В.Л.** Трансформируемые огнезащитные ограждающие конструкции повышенной огнестойкости. – Научно-технический журнал «Вестник МГСУ». – 2009, № 4 – С. 107-112.
6. ГОСТ 30247.0–94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
7. ISO 834-1:1999. Fire-resistance test. – Elements of building construction. – Part 1: General requirements:ISO Standart – 1999. – 30 p.

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



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

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ВАРИАНТ ОСНАЩЕНИЯ



ООО ФЛИТ КАРДС

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



Регулирование ДВС методом изменения физико-химических свойств моторного топлива

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

В статье представлены результаты экспериментального исследования возможностей воздействия на протекание рабочего процесса дизеля оперативным, то есть во время работы дизеля, изменением физико-химических и моторных свойств топлива. Изменение свойств топлива достигается смешиванием основного дизельного с альтернативными топливами или различными горючими и негорючими добавками. Смешивание компонентов происходит практически в каналах форсунки с помощью клапана регулирования начального давления (РНД). Приведена систематизация задач, решение которых возможно данным методом, который назван методом «физико-химического регулирования» – ФХР.

Ключевые слова: дизель, физико-химическое регулирование, альтернативное топливо.

Regulation of Working Process of Diesel by Variation of Physical – Chemical Properties of Fuel

N.N. Patrakhaltsev

There presented some results of experimental research of opportunities to influence for working process of diesel by variation of physical – chemical properties of fuel during working of diesel. This effect is achieved by mixing diesel fuel with different alternative fuels and other inflammable and unflammable additives. Process of mixing or blending of components of fuel takes place into canals of injector by means of special check - valve near the injector – the valve of regulation of pressure initial (RPI) of fuel. There presented systematization of problems, which may be solved by this method. Method is named «physical – chemical regulation» – PhChR.

Keywords: diesel, physical-chemical regulation, alternative fuels.

Сопределенной долей условности принцип физико-химического регулирования рабочего процесса дизеля относится к дизелям, работающим с «обогащением» воздуха на всасывании или вообще – с добавлением к воздуху различных горючих и негорючих веществ: воды, кислорода, водорода, обработанных газов

(рециркуляция ОГ). Однако в этом случае следует скорее говорить о регулировании физико-химических свойств горючей смеси (как и в ДВС с внешним смесеобразованием) – разновидности физико-химического регулирования двигателя [1].

Возможность реализации метода регулирования дизеля изменением

физико-химических свойств топлива возникла с появлением ряда систем топливоподачи, получивших название систем топливоподачи с регулированием начального давления топлива (РНД) [2]. Принцип работы систем этого типа заключается в следующем. С помощью различных клапанов, золотников, распределителей различные добавки, присадки вводятся в линии высокого давления топливных систем, где они смешиваются с основным топливом, а затем подаются в виде смесей, растворов, эмульсий в цилиндры двигателя.

Одним из наиболее эффективных методов регулирования может стать метод ввода в топливо водного или спиртового раствора химически активных (с каталитическим эффектом) солей различных металлов: Ва, Мп, Fe и т.д. [3]. В этом случае в цилиндры двигателя впрыскивается РТЭ – растворо-топливная эмульсия. Улучшая процессы смесеобразования – сгорания за счет присутствия воды или спирта и химического активатора процессов сгорания, такие вещества обеспечивают регулирование – улучшение показателей протекания рабочего процесса дизеля, прежде всего снижение дымности ОГ. Регулирование подачи раствора в топливо здесь целесообразно в зависимости от нагрузки и показателя дымности.

Отмечено, что в настоящее время очень трудно традиционными путями, направленными на улучшение процессов топливоподачи и воздухообеспечения, улучшить показатели работы дизеля, особенно если улучшение процесса должно быть связано одновременно со снижением токсичности и повышением экономичности. Одним из путей решения этой проблемы может быть применение в дизелях высококонцентрированных водно-топливных эмульсий (ВТЭ), приготовленных на базе дистиллятных топлив. Отмечено, что длительное время это направление совершенствования процессов смесеобразования – сгорания в дизелях считалось бесперспективным, так как вода и дистиллятное топливо не способны образовать устойчивую ВТЭ. Сегодня появилась

возможность организации рабочего процесса, при котором эмульсия образуется во время процесса топливоподачи в линиях высокого давления непосредственно перед впрыскиванием топлива в цилиндры благодаря тому, что сама форсунка является надежным диспергатором, обеспечивающим образование мелкодисперсной ВТЭ. Так что при условии надежной работы топливной аппаратуры задача в большей степени сводится к точной дозировке компонентов ВТЭ.

Следует отметить, что при подаче в дизель ВТЭ с 40% воды на номинальном режиме достигается снижение дымности ОГ в 2,0-2,5 раза, уменьшение выброса NO_x с ОГ в два раза, снижение g_e (на 20-25%) и уменьшение выброса CO. Правда, на 15-20% возрастает P_z и в два раза $(dP/d\varphi)_{\max}$. Возможно, что основной причиной полученного эффекта является так называемое «вторичное» распыливание топлива, происходящее, как отмечено в ряде работ, за счет «микровзрывов» глобул (частичек) воды, содержащихся в каплях распыленного форсункой топлива и ведущих к вторичному дроблению топливной фазы. Автор придерживается мнения, что ВТЭ – это не просто продукт смешения двух веществ, а по существу новая субстанция с новыми свойствами, которые проявляются в условиях высоких температур и давлений в камере сгорания. Автор приходит к такому выводу на основании следующего выявленного факта: продолжительность впрыскивания ВТЭ возрастает (в сравнении с впрыскиванием дизельного топлива), задержка воспламенения растет, скорость и полнота сгорания также увеличиваются. Следует отметить, что этот факт не исключает возможности влияния именно «вторичного» распыливания. По моему мнению, на существующих дизелях целесообразно регулировать состав ВТЭ в зависимости от режимов работы.

Применение регулируемых по составу ВТЭ целесообразно для дизелей, работающих на высоковязких топливах. На современных, высокоэкономичных дизелях, использующих вязкие топлива, эффект от применения ВТЭ

достигается прежде всего на частичных режимах. Особенно эффективно применение ВТЭ на дизелях устаревших конструкций, использующих остаточные топлива или их смеси с дистиллятными. При этом важно создание устройств, систем для регулирования содержания воды в ВТЭ в зависимости от фактической нагрузки дизеля как по винтовой, так и по нагрузочной характеристикам. Отмечена проблема топливоподачи при использовании ВТЭ, связанная с возрастанием вязкости топлива с увеличением количества воды в ВТЭ и дисперсности эмульсии.

Если учесть, что эффективность сгорания при применении ВТЭ возрастает, несмотря на большую вязкость подаваемой эмульсии, то можно предположить, что не только химические процессы, но и процессы «вторичного» распыливания все же могут существовать.

Известно, что применение различных присадок к топливу позволяет улучшить некоторые качественные характеристики дизельных моторных топлив. С точки зрения воздействия на протекание рабочего процесса наиболее эффективно применение присадок, повышающих цетановое число топлива (ЦЧ), понижающих расход топлива, снижающих дымление двигателя.

К присадкам, повышающим ЦЧ топлива, относятся прежде всего органические нитраты: циклогексилнитрат ($\text{C}_6\text{H}_{13}\text{NO}_3$), этилгексилнитрат ($\text{C}_8\text{H}_{17}\text{NO}_3$), нитроалкены, 1-нитро-2-гексен и др. Кроме повышения ЦЧ, эти присадки уменьшают недогорание топлива, коксоотложение у сопла форсунки.

Присадки, понижающие расход топлива, по существу оптимизируют процесс сгорания или снижают механические потери. Например, присадка Endoline 1 растворяет твердые органические частицы, нагар, улучшает распыливание топлива, что приводит к снижению g_e примерно на 6%. Присадка Desolit D (Германия) содержит в своем составе эфиры и снижает g_e на 7%, уменьшает дымность и отложения нагара. Присадка Ферропикрат снижает g_e на 8-10% (в ее составе Fe

«работает» как катализатор). Присадки, содержащие Ba, Mn, Fe и другие каталитически активные вещества, увеличивают скорость сгорания, снижают дымность ОГ, а значит и выброс твердых частиц (ТЧ), уменьшают расход топлива (отмечено, что дымность ОГ на 35-60% определяется содержанием ТЧ в ОГ, причем 0,2% расходаемого топлива идет на создание ТЧ). Присадка 2% Actane к топливу повышает на 5 ед. ЦЧ, улучшает распыливание, вдвое снижает дымность.

Обычно наиболее эффективно применение полифункциональных присадок, которые особо эффективны при использовании их на двигателях после длительной эксплуатации. Так, если без присадки выброс твердых частиц с ОГ после 30 тыс. км пробега составил 0,45 г/км, то при применении полифункциональной присадки – лишь 0,27 г/км, то есть сохранился на уровне нового двигателя.

Очевидно, что в зависимости от режимов работы двигателя изменяется потребность применения той или иной присадки, а с учетом высокой стоимости присадок целесообразно их применение периодически лишь на отдельных режимах. Так, на дизелях, оснащенных сажевыми фильтрами, целесообразно применять периодическую подачу каталитически активных присадок для регенерации фильтра (выжигания ТЧ при пониженных температурах). Таким способом рекомендуется применять Лубризол 8220 (в количестве 0,05% от расхода топлива), содержащий марганец. Здесь практически применяется физико-химическое регулирование – включение подачи присадки по сигналу о засоренности фильтра. Следует отметить, что применяемая в этом случае система отличается значительной сложностью (по существу, параллельная дополнительная система топливоподачи). Регулирование подачи присадки к топливу целесообразно также в случаях, когда находящиеся в присадке металлы образуют в цилиндре нежелательные оксиды (по возрастанию каталитической активности металлы можно

расположить в следующем порядке: Pb, Ni, Mg, Co, Cu, Fe, Ba, Mn).

Одним из путей воздействия на повышение эффективности сгорания в дизелях является добавка к рабочему телу на впуске водорода (H_2), как продукта термохимической конверсии основного топлива, или, например, метанола. Такое регулирование процесса названо выше регулированием физико-химических свойств горючей смеси. Однако возможно осуществление добавки H_2 к самому топливу до его впрыскивания в цилиндры дизеля, то есть регулирование физико-химических свойств топлива. Возможны также равномерное насыщение дизельного топлива водородом в смесительной камере форсунки и последующий впрыск водородонасыщенного топлива в двигатель. Масса добавляемого водорода составляет около 0,1% цикловой массы топлива, то есть следует говорить не о замещении одного топлива другим и не о добавке одного топлива в другое, а о присадке химически активного вещества – водорода – к топливу.

В результате при впрыскивании такого топлива в цилиндр происходит изменение не только химических свойств образующейся смеси, но и физических – изменяется характер распыливания топлива. Подтверждением изменения физических свойств топлива могут быть результаты работ, где проведено насыщение топлива разными газами: воздухом, горючими газами, а также отработавшими газами [4]. Количество газа, добавляемого в топливо, составляло от 0,08% по массе или около 40-80% по объему. Исследование позволило сделать вывод о том, что основной эффект от насыщения топлива газом получается благодаря улучшению качества распыливания топлива, процессов смесеобразования (вторичное распыливание), то есть изменению прежде всего физических свойств топлива.

Принципиально изменение физико-химических свойств топлива применяется, когда происходит конвертирование дизеля на сорта утяжеленных топлив, например, биотоплива (рапсовое масло), тяжелые остаточные

топлива, к которым добавляют на ряде режимов низкооктановые бензины и т.д.

Значительное влияние на физико-химические свойства топлива оказывает добавка к нему спиртовых топлив. При введении спирта в дизельное топливо вблизи форсунки через клапан РНД в цилиндры дизеля впрыскивается спирто-топливная эмульсия (СТЭ) [5]. Очевидно, благодаря изменению качества распыливания («вторичное» распыливание), а также изменению других физических (вязкость, плотность, поверхностное натяжение, испаряемость и т.д.) и химических свойств (цетановое число, теплота сгорания, энергия активации и т.д.), происходит существенное снижение дымности ОГ, уменьшение выброса NO_x , появляется возможность форсирования рабочего процесса по составу смеси α без превышения предела дымления и т.д. [6-8].

Одно из наиболее эффективных воздействий на протекание рабочего процесса дизеля оказывает сжиженный нефтяной газ (СПБТ) при добавке его к дизельному топливу с целью изменения физико-химических свойств моторного топлива [9]. Таким методом удается форсировать двигатель по среднему эффективному давлению на ~10% и более при снижении удельного расхода топлива на ~10% и без превышения заданного при работе на дизельном топливе предела дымления. При работе в условиях высокогорья такой метод регулирования рабочего процесса позволяет существенно компенсировать высокогорные потери мощности, экономичности, снизить дымность и токсичность выбросов.

Физико-химическое регулирование двигателей с искровым зажиганием

Задача разработки топлив с заданными физико-химическими свойствами для двигателей данной конструкции, с данными условиями эксплуатации и т.д. ставилась уже сравнительно давно. Такой подход к совершенствованию показателей работы ДВС был назван физико-химическим регулированием (ФХР), хотя,

строго говоря, в условиях эксплуатации свойства моторного топлива обычно не менялись. В то же время известно, что для разных режимов работы одного и того же двигателя целесообразно использовать топлива с разными свойствами. Для карбюраторных двигателей возможность регулирования свойств топлива (точнее, свойств горючей смеси) была реализована сравнительно простыми средствами, когда для повышения детонационной стойкости к основному бензину с пониженным октановым числом на режимах низких частот вращения коленчатого вала (КВ) двигателя и полных нагрузок стали применять присадку природного газа. В этом случае ставилась задача не максимального замещения бензина газом, а регулирования рабочего процесса двигателя.

Так, было предложено подавать в цилиндр двигателя бензогазовоздушную смесь регулируемого состава (по количеству присадки газа) в соответствии с режимом работы ДВС. Добавка газа к основному топливу позволяет повысить полноту сгорания, снизить выбросы СН и СО с ОГ. Для снижения выбросов NO_x газ подается в двигатель увлажненным благодаря добавке к нему некоторого количества ОГ. Конструктивное выполнение такой системы не вызывает трудностей, хотя очевидно, что определенную сложность представляет система, например, электронного регулирования подачи газа. Газ вводится как в основную топливную смесь после карбюратора, так и в воздух на впуске. Изменение физико-химических свойств топлива, а именно повышение октанового числа применяемого смесового топлива, позволяет понизить «сортность» базового топлива и качество основного получаемого смесового топлива, либо при применении штатного топлива – повысить конструктивную степень сжатия и снизить удельный расход топлива (на 8-10% при сохранении основных эксплуатационных показателей). Особенно важно, что при применении присадки газа можно отказаться от использования свинца в топливе

(антидетонационных присадок к топливу), что весьма существенно (на 15-20%) снижает суммарную токсичность двигателя.

Очевидно, что в данном случае применен метод физико-химического регулирования, так как количество присадки газа варьируется в соответствии с режимом работы двигателя.

Аналогичный метод повышения детонационной стойкости смеси применяется, когда соответствующая присадка вводится в топливо (или в готовую горючую смесь) лишь на режимах максимальной вероятности детонационного сгорания, то есть на режимах низких частот вращения КВ двигателя и полных нагрузок. В этом случае регулирование физико-химических свойств топлива сводит к минимуму загрязнение окружающей среды токсичными компонентами присадки, снижает стоимость необходимой присадки, повышает надежность и долговечность двигателя в связи с уменьшением вероятности отложения присадки на электродах свечей зажигания.

В качестве метода регулирования бензинового двигателя предложено перерабатывать часть топлива для получения водорода и затем добавлять этот водород к горючей бензо-воздушной смеси. Полученная таким образом смесь надежно воспламеняется и сгорает вне зависимости от ее первоначального состава (α). В этом случае отпадает необходимость в регулировании состава смеси в зависимости от режимов работы двигателя. А характеристики двигателя будут определяться закономерностью подачи топлива в двигатель и генератор водорода. Так, предложено вводить водород в цилиндры двигателя в конце процесса сжатия в зону электродов свечи зажигания в небольших количествах (0,0012-0,0045 кг/ч, то есть 0,1-1,5% от расхода бензина). Водород может храниться или генерироваться в таких количествах на борту автомобиля. Задача использования водорода – увеличить теплоту, выделяемую в ходе химических реакций, с тем, чтобы совместно с теплотой, вводимой в заряд смеси искровым разрядом,

увеличить общее количество теплоты и тем самым сделать процесс воспламенения более стабильным. Водород в таком случае выполняет роль энергонасыщенной добавки, ускоряющей горение. Причем именно благодаря наличию водорода вблизи электродов достигается наибольший эффект от его добавки.

Положительное влияние подачи водорода в межэлектродный зазор наблюдается до эффективного давления в камере сгорания, не превышающего 0,4 МПа, то есть на режимах, характерных для городской езды. Оно проявляется в расширении пределов доступного обеднения смеси и снижении удельного эффективного расхода топлива. Так, на режимах холостого хода двигатель устойчиво работает при $\alpha = 1,4$, а при $P_e = 0,2$ МПа устойчивость отмечается при $\alpha = 1,2$. При этом расход топлива снижается на 10%, а на холостом ходу – на 33%. При повышенных нагрузках двигатель работает обычным порядком. В дизелях проводить физико-химическое регулирование значительно сложнее, что определяется конструктивными особенностями системы топливоподачи.

Применимость метода физико-химического регулирования

В целях выбора путей расширения ресурса топлив ведутся исследования возможности применения различных добавок к топливу. При этом в значительных пределах варьируются физико-химические свойства топлив и раскрываются возможности изменения характеристик протекания процессов сгорания в дизеле путем изменения состава топлив. Известны предложения о регулировке протекания процесса сгорания в дизеле путем оптимизации компонентного состава

топлива. Иначе говоря, предложена физико-химическая регулировка процесса сгорания в дизеле оптимизацией состава топлива.

Области двигателей с воспламенением от искры уже поставлена задача использования метода регулирования октанового числа топлива в зависимости от частоты вращения КВ двигателя, нагрузки и т.д. во время работы двигателя. Возможность изменения состава топлива добавкой к основному дизельному топливу утяжеленного фракционного состава (УФС) спиртов, бензинов, воды и т.д. во время работы двигателя реализуется с помощью специальных топливных систем, однако, большинство из них обладает значительной инерционностью (системы с вводом компонентов на линии всасывания в топливный насос высокого давления) либо существенной сложностью (системы с двумя насосами, двумя форсунками и другие). Решение задачи физико-химического регулирования дизеля становится возможным после разработки метода и средств

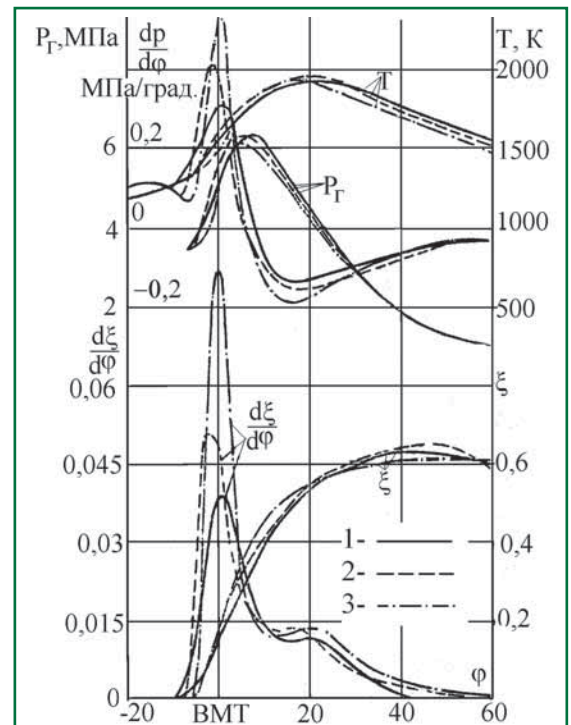


Рис. 1. Характеристики теплоиспользования (ξ), скорости теплоиспользования ($d\xi/d\phi$), давления газов (P_e), скорости изменения давления ($dp/d\phi$) и температуры (T) в цилиндре при работе на разных топливах: 1 – на ДТ с добавкой 30% синтетических парафиновых углеводородов; 2 – на ДТ + 30% бензина А-76; 3 – на ДТ + 30% этанола [5, 14, 15]

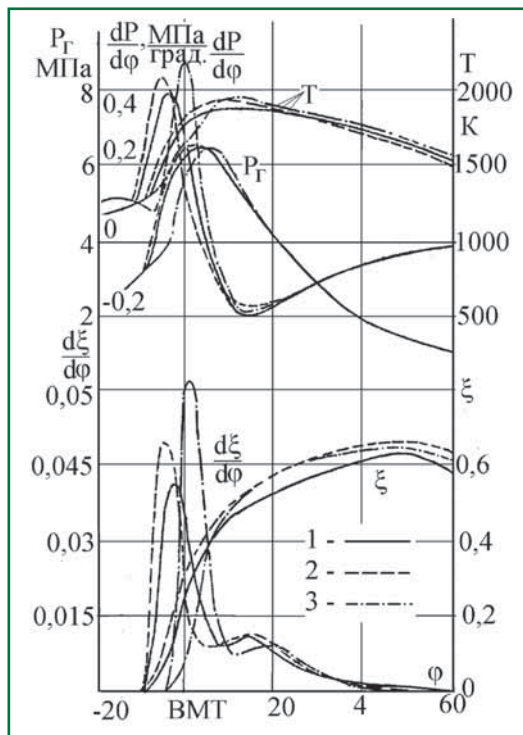


Рис. 2. Характеристики теплоиспользования (ξ), скорости теплоиспользования ($d\xi/d\phi$), давления газов (P_g), скорости изменения давления ($dP/d\phi$) и температуры (T) в цилиндре при работе на разных топливах:

1 – на дизельном топливе (ДТ); 2 – на ДТ с добавкой 10% сжиженного нефтяного газа; 3 – на ДТ с добавкой 10% аммиака [3, 9]

оперативного изменения компонентного состава топлив путем добавки к основному топливу различных добавок в линию высокого давления (ЛВД) перед форсункой или в ее каналы.

Анализ моторных свойств топлив с введением в них различных добавок и их влияния на протекание рабочего процесса проведен на установке ИДТ-69 определения цетановых чисел топлив (вихрекамерный дизель 148,5/11,5, частота вращения КВ двигателя – 900 мин⁻¹, степень сжатия – 17), оборудованной средствами регистрации индикаторной диаграммы (индикатор МАИ-2), необходимыми датчиками и измерителями расходов [5]. Топливная аппаратура установки выполнена с подключением к ее ЛВД источника с добавкой через указанный обратный клапан РНД. Инерционность системы топливоподачи проверена путем определения числа циклов, необходимых после начала подачи данного вещества через клапан РНД для достижения стабильных значений P_g , определяемых

по индикатору вспышек. Исследование показало, что переходный процесс замещения в каналах форсунки дизельного топлива смесевым составляет 5-8 циклов. Исследование проведено методом сравнительного анализа протекания процесса при работе на чистом дизельном топливе (ДТ) и топливе с разными добавками. В качестве добавок к ДТ использованы этанол, бензин А-76, легкие синтетические парафиновые углеводороды (ЛСПУ), вода, водные растворы ряда веществ, обладающих каталитическим действием (неорганические, нерастворимые в углеводородном топливе соли ряда металлов, например, $BaCl_2$), аммиак, сжиженный нефтяной газ, количество которых варьировалось от нуля до 50% от всей цикловой подачи топлива. Кроме того, проведено исследование возможности воздействия на протекание рабочего процесса дизеля растворением в топливе воздуха и

природного газа, подаваемых в ЛВД через клапан РНД в количестве до 30% (объемных). Эксперименты проведены на одном скоростном режиме при постоянстве энергоемкости подачи топлива, эквивалентной расходу ДТ, равному 13 мл/мин. Для исключения влияния на результаты исследования переменной начального давления в ЛВД при подаче в нее 10-50% жидкой добавки сравнение проведено с протеканием процесса на ДТ, когда аналогичное количество ДТ, то есть 10-15%, подавалось через клапан РНД.

На рис. 1 сопоставлены характеристики изменения давления P_g в цилиндре дизеля, темпе-

ратуры T , жесткости процесса $dP/d\phi$, а также характеристики ξ и скорости $d\xi/d\phi$ теплоиспользования при добавке к ДТ 30% ЛСПУ, бензина А-76 или этанола, то есть легких невязких компонентов с высокой (ЛСПУ, А-76) или низкой (этанол) теплотой сгорания, высоким (ЛСПУ) или низким (этанол, А-76) цетановым числом, высокой или сравнительно низкой (А-76, ЛСПУ) теплотой испарения.

Присадка к топливу 10% этанола увеличивает период задержки воспламенения. Скорость теплоиспользования в первой фазе сгорания при этом резко возрастает. Увеличение доли этанола свыше 20% увеличивает задержку воспламенения на 2-3° поворота коленчатого вала (п.к.в.).

Добавка к ДТ этанола приводит к росту максимальной жесткости, которая в два раза превышает жесткость работы на ДТ. Момент достижения ξ_{max} при работе на топливе со спиртом смещается дальше за ВМТ на 10-15° п.к.в. На характеристиках видно влияние высокой теплоты испарения спирта при значительном увеличении его количества в подаче. Добавка к дизельному топливу 10, 30, 50%

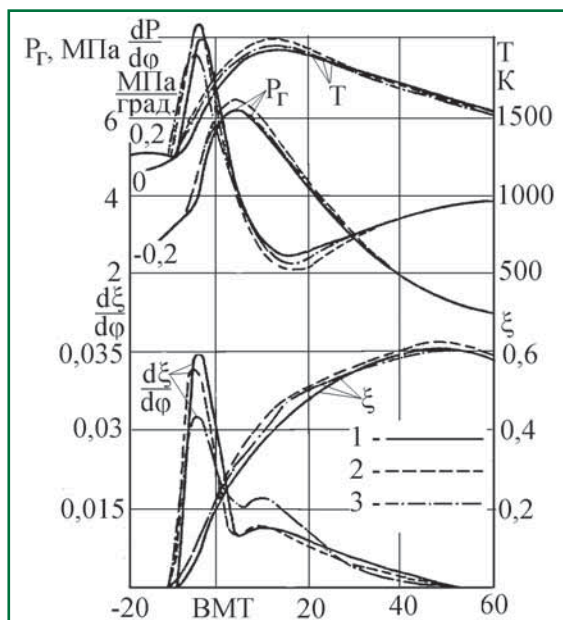


Рис. 3. Характеристики теплоиспользования (ξ), скорости теплоиспользования ($d\xi/d\phi$), давления (P_g) и скорости изменения давления ($dP/d\phi$) в цилиндре дизеля:

1 – при работе на дизельном топливе; 2 – на ДТ с растворенным в нем воздухом (30% объемн.); 3 – на ДТ с растворенным в нем газом (30%) [4, 5]

этанола снижает цетановое число смеси с 45 до 42, 36, 32 ед. соответственно.

При низком проценте добавки к ДТ бензина А-76 уменьшение на 0,5° периода задержки воспламенения происходит, очевидно, благодаря «физической» части периода задержки. С ростом процента добавки задержка воспламенения увеличивается в соответствии с уменьшением цетанового числа. Максимальная скорость теплоиспользования в первой фазе сгорания и жесткость сгорания растут, но не так существенно, как в случае со спиртом. Добавка бензина увеличивает полноту сгорания, увеличивает ξ_{\max} до 0,64 (вместо 0,6 на ДТ), причем момент его достижения смещается ближе к в.м.т., в отличие от работы с этанолом.

Добавка к ДТ ЛСПУ (с составом по углероду от C_5 до C_{10} , обладающим высокими, до 65 ед., цетановыми числами) приводит к уменьшению периода задержки воспламенения на 2-3° п.к.в., при этом $(d\xi/d\varphi)_{\max}$ первой фазы несколько снижается или значительно превышает аналогичный параметр

цикла работы на ДТ, ξ_{\max} повышается до 0,63, а момент его достижения смещается ближе к в.м.т. Варьирование указанных добавок меняет период задержки воспламенения от -3° до +9° п.к.в., жесткость сгорания и скорость теплоиспользования – до 30% и 100% соответственно, абсолютное теплоиспользование – на 5-6% и момент достижения ξ_{\max} – на 10-20° п.к.в. Добавка ЛСПУ до 50% увеличивает цетановое число смеси до 53 ед.

На рис. 2 сравниваются характеристики сгорания, параметры температур и давления для вариантов подачи в ДТ 15% аммиака и сжиженного газа. Видно, что сжиженный газ существенно (на 2-2,5° п.к.в.) смещает начало сгорания ближе к началу впрыскивания, а NH_3 – наоборот, увеличивает задержку на 6-7°. Сжиженный газ даже при таком раннем начале сгорания увеличивает $(dP/d\varphi)_{\max}$ на 10-15% и $(d\xi/d\varphi)_{\max}$ на 20-25%. В этом случае несколько растет P_r цикла, причем цикл относительно ВМТ занимает оптимальное положение: $\varphi_z = 2-3^\circ$. Работа на топливе с аммиаком в 1,5 раза увеличивает максимальную

жесткость цикла, несколько увеличивает ξ_{\max} при сохранении момента его достижения.

Определенные возможности воздействия на процесс сгорания выявились при подаче в ЛВД природного газа (в газовой фазе) и атмосферного воздуха (рис. 3).

В приведенном случае воздух был нагрет до 60°C, подача воздуха и газа производилась путем простого всасывания их через клапан РНД. Можно предположить, что газ или воздух, поступившие в ЛВД, растворяются в ДТ при повышении его давления, а затем при впрыске в цилиндр и резком падении давления вновь выделяются, разрушая капли топлива, интенсифицируя процесс смесеобразования (влияние изменения местного коэффициента избытка воздуха вряд ли можно считать существенным ввиду малости весового количества воздуха, поданного в ЛВД).

Присадка воздуха к топливу интенсифицирует первую фазу взрывного горения, добавка газа существенно сказалась на росте максимальной скорости диффузионного сгорания, что объясняется, очевидно, лучшей растворимостью газа в топливе и худшей его дегазацией (выделением из раствора). Протекание рабочего цикла при такой организации процесса смесеобразования характеризуется сравнительно небольшим увеличением жесткости. Для восстановления оптимальности цикла по экономичности необходимо уменьшение угла опережения впрыска на 2° п.к.в. Присадка к ДТ 30% объемных воздуха или газа снижает дымность ОГ с 7,5 до 7,0-7,1 ед. Бош.

Анализ протекания рабочего процесса дизеля при добавке к ДТ раствора катализатора (в первоначальном варианте исследования – хлорида бария), а также воды (для обеспечения сравнительности исследований) показал следующее. Добавка к ДТ 20% двухпроцентного раствора $BaCl_2$ способствует уменьшению периода задержки воспламенения на величину до 2-3° п.к.в., а также значительному снижению дымности с 7,5 до 5,2 ед. Бош. Интенсивность теплоиспользования при этом меняется мало, а ξ_{\max} и угол его достижения не меняется. Добавка к



Рис. 4. Схематическое представление основных целей, достижение которых возможно методом физико-химического регулирования на основе применения альтернативных топлив

ДТ 10-20% водного раствора двухпроцентного BaCl_2 увеличивает цетановое число топлива с 45 до 48 ед., а такая же добавка воды повышает ЦЧ лишь до 46 ед. Причем добавка воды более 30% снижает ЦЧ, в то время как добавка раствора хлорида бария вплоть до 50% от цикловой подачи топлива поддерживает ЦЧ выше исходного уровня.

Уже сейчас можно перечислить основные цели, достижение которых возможно регулированием рабочего процесса двигателя изменением физико-химических свойств топлива (физико-химическое регулирование – ФХР) на основе добавок к основному топливу различных альтернативных топлив и других добавок, превращающих исходное топливо в альтернативное [1, 2]:

1. Снижение дымности отработавших газов [9].
 2. Снижение токсичности выбросов [3, 4].
 3. Повышение топливной экономичности [5].
 4. Экономия нефтяного традиционного топлива путем замещения его альтернативным [5].
 5. Длительное форсирование двигателя по мощности [9].
 6. Кратковременное форсирование по мощности – «форсаж» [7].
 7. Повышение эффективности пуска дизеля в особых условиях [11].
 8. Повышение эффективности работы в условиях высокогорья [6].
 9. Улучшение моторных свойств основного топлива [14].
 10. Утилизация различных горючих отходов [10, 15].
 11. Повышение эффективности технического обслуживания [13].
 12. Продление моторесурса дизеля, находящегося в эксплуатации [8, 13].
 13. Повышение эффективности системы нейтрализации вредных выбросов [3, 4].
 14. Повышение эффективности неустановившихся режимов работы [7].
 15. Снижение жесткости и шумности сгорания и проч. [5].
- Перечень этих целей наглядно можно представить в виде схемы, показанной на рис. 4.

Литература

1. **Патрахальцев Н.Н.** Физико-химическое регулирование дизеля. – Материалы междунар. науч. техн. конф. «Двигатель – 97», М., 1997. – 98 с.
2. **Патрахальцев Н.Н., Шкаликова В.П.** Применение клапана регулирования начального давления в топливной системе дизеля для подачи различных топливных добавок к основному топливу. – Вестник РУДН. Сер. «Инженерные исследования», 2005, № 1 (11). – С. 66-68.
3. **Куцевалов В.А., Панчишный В.И., Патрахальцев Н.Н.** Возможности совершенствования рабочего процесса дизеля введением каталитических неорганических веществ в камеру сгорания. – Двигателестроение, 1988, № 9. – С. 8-10.
4. **Патрахальцев Н.Н., Санчес Л.В., Мазинг М.В.** Возможности совершенствования эколого-экономических показателей дизелей насыщением топлива воздухом. – Известия ВУЗов. Машиностроение, 1995, № 1. – С. 65-73.
5. **Патрахальцев Н.Н., Санчес Л.В., Шкаликова В.П.** О возможности расширения ресурса дизельных топлив и регулирования рабочего процесса дизеля изменением состава топлива. – ДВС. Республиканск. межвед. науч.-технич. сб. Харьков. Вища школа. 1988. Вып. 48. – С. 73-79.
6. **Патрахальцев Н.Н., Ластра Л.А., Качо Г.Л.** Альтернативный метод повышения эффективности работы дизеля в условиях высокогорья форсировкой рабочего процесса по составу смеси. – Известия ВУЗов. Машиностроение, 1995, № 4-6. – С. 38-45.
7. **Патрахальцев Н.Н., Бадеев А.А., Русинов А.Р.** Возможности форсажа дизеля при ограничении дымности выбросов. – Строительные и дорожные машины, 2007, № 5. – С. 40-42.
8. **Патрахальцев Н.Н., Соколов И.А., Силин Е.Л.** Повышение динамических качеств автотракторного дизеля изменением физико-химических свойств топлива. – Автомобильная промышленность, 2008, № 7. – С. 10-13.
9. **Патрахальцев Н.Н., Виноградский В.Л., Ластра Л.А.** Корректирование скоростных характеристик дизеля добавлением в топливо сжиженного нефтяного газа. – Строительные и дорожные машины, 2002, № 4. – С.22-23.
10. **Патрахальцев Н.Н., Горбунов В.В., Берро М.Б.** Сжигание отработанного масла в цилиндрах дизеля. – Строительные и дорожные машины, 1992, № 4. – С. 23-25.
11. **Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В., Бадеев А.А.** Повышение эффективности пуска дизельного двигателя в условиях низких температур. – Строительные и дорожные машины, 2006, № 3. – С. 14-17.
12. **Патрахальцев Н.Н., Виноградский В.Л., Пономарев М.Н.** Повышение динамических и экологических качеств дизеля при его регулировании изменением физико-химических свойств топлива. – Вестник РУДН, 2003, № 1. – С. 22-26.
13. **Патрахальцев Н.Н., Виноградский В.Л., Ластра Л.А.** Повышение эксплуатационных свойств дизеля изменением физико-химических свойств топлива. – Строительные и дорожные машины, 2004, № 12. – С. 32-34.
14. **Азев В.С., Газарян Г.Т., Липидус А.Л. и др.** Особенности применения в автотракторном дизеле утяжеленных топлив с добавкой легких синтетических парафиновых углеводородов. – Двигателестроение, 1990, № 6. – С. 24, 33-36.
15. **Патрахальцев Н.Н., Сааде Ю.Ж.** Способ организации рабочего процесса спиртодизеля. – Известия ВУЗов. Машиностроение, 1993, № 7-9. – С. 105-109.



Компания «Dresser Wayne» – надежный производитель качественного оборудования АГНКС на российском рынке

И.Г.Чистяков,
директор по продажам оборудования для АГНКС
Представительства компании «Dresser Wayne» (Москва)

«Dresser Wayne» – a reliable producer of quality equipment CNG stations in the Russian market

I.G. Chistyakov

Со дня своего основания в 1890 г. компания «Dresser Wayne» тесно связана в своей деятельности с нефтяной и газовой отраслями промышленности. Компания является крупным поставщиком оборудования для магистральных нефте- и газопроводов, для предприятий, осуществляющих добычу и переработку нефти и газа, и компаний, работающих в топливном секторе рынка.

С 2004 г. в структуру компании «Dresser Wayne» входит итальянская компания «Nuovo Pignone S.r.l.» – производитель компрессорного и газозаправочного оборудования для автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Компания «Nuovo Pignone» известна

в России как производитель высококачественного компрессорного оборудования и входит в число немногих европейских производителей, выполнявших поставки компрессорного оборудования для АГНКС в СССР.

Штаб-квартира итальянского подразделения компании «Dresser Wayne» находится в г. Флоренция, где располагается административный отдел, отдел сбыта и технического обеспечения. Кроме того, в офисе компании во Флоренции создано техническое бюро, которое занимается практической проработкой всех поступающих заказов. Основное производство компрессорного оборудования компании расположено на севере Италии (г. Таламона).

Все производимое оборудование проходит контрольные испытания с использованием компримированного природного газа (КПГ) под давлением 250 bar в условиях, приближенных к реальным условиям работы оборудования на АГНКС.

В частности, для России все оборудование подвергается



испытаниям в криогенной камере, при температуре до -40°C .

Компрессорное оборудование, топливораздаточные колонки и системы обеспечения компании «Dresser Wayne» сертифицированы в России, получено «Разрешение на применение» Ростехнадзора согласно законодательству Российской Федерации.

Говоря подробнее о возможностях оборудования, необходимо отметить, что компания «Nuovo Pignone» была создана в 1931 г. и одной из первых разработала и произвела компрессор, рассчитанный на давление в 250 bar, который был запущен в эксплуатацию в 1939 г. Этот компрессор, проработав



70 лет, был выведен из эксплуатации только в 2009 г.

На сегодняшний день более 2000 АГНКС по всему миру, выполняющих заправку КПП, оборудованы компрессорными установками Dresser Wayne/ Nuovo Pignone.

В перечне производимого компанией оборудования более 4 тыс. модификаций компрессорных установок CUBOGAS®, работающих в диапазоне давления от 0,5 до 250 bar входного давления.

Основные элементы компрессорной установки CUBOGAS®

Компрессорные установки CUBOGAS® оснащаются системой мониторинга, осуществляющей автоматическое удаленное управление. Ведется постоянный контроль за состоянием

операторской АГНКС или удаленно в центральный офис компании для последующей обработки.

В последнее время активное распространение получают решения по компоновке установок CUBOGAS® приводом от газопоршневого двигателя.

Компрессорная установка CUBOGAS®, оснащенная газопоршневым двигателем, может быть выполнена как для стационарной работы, так и в качестве мобильного блока, например, для использования на магистральных газопроводах, где нет возможности размещения стационарных установок на магистрали, но при этом необходим оперативный отбор природного газа из участка магистрали во время ремонта или аварии.

В настоящее время существуют два основных типа компрессорных



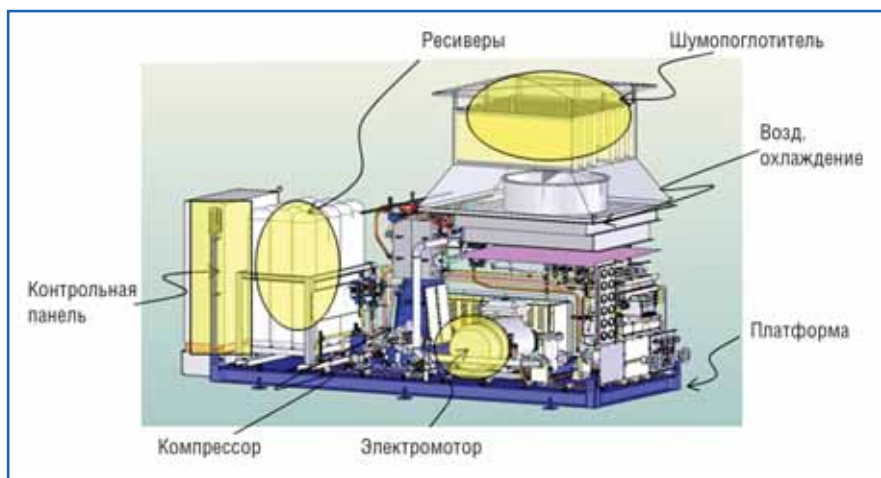
В частности, 9 АГНКС работают в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах с 1995 г.

По отзывам клиентов, данное оборудование обладает высокими технико-экономическими показателями при низких эксплуатационных расходах, отличается надежностью и простотой обслуживания от аналогичного оборудования других производителей. За время эксплуатации оборудования существенных замечаний выявлено не было.

2. Серия «Р» – компрессорные установки CUBOGAS® на платформе, без использования звукоизолирующего и морозоустойчивого корпуса.

Данная серия используется в закрытых помещениях, специально подготовленных для работы компрессорного оборудования.

Подобные компрессорные установки уже поставлялись компанией



всех узлов установки, а также дополнительного оборудования (ТРК, внешние ресиверы и т.д.). Важнейшим элементом, обеспечивающим предотвращение аварийных ситуаций, является система противоаварийной защиты.

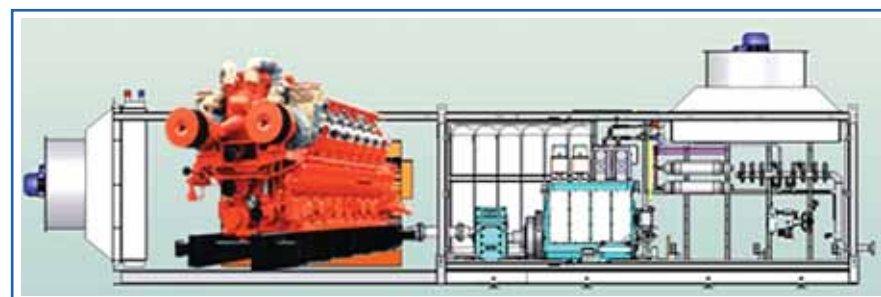
Вся полученная информация передается на дисплей компьютера в

установок, выпускаемых под торговой маркой CUBOGAS®:

1. Серия «S» – контейнерное исполнение, в звукоизолирующем и морозоустойчивом корпусе, позволяет использовать установки CUBOGAS® данной серии в любых климатических зонах России.



«Nuovo Pignone» в Россию. В частности, в период с 1983 по 1985 гг. было поставлено и смонтировано 11 комплектов АГНКС. Многие из этих АГНКС до настоящего времени все еще находятся в эксплуатации, например, АГНКС № 1 ОАО «МГПЗ» в Москве. На данной АГНКС в эксплуатации





находятся 9 компрессоров, работающих с 1983 г.

В 2007 г. специалистами компании был проведен глубокий технический анализ состояния компрессорного оборудования АГНКС № 1 ОАО «МГПЗ». После чего, основываясь на уникальных технологиях в разработке уплотнительных элементов для компрессорного оборудования компании «Dresser Wayne», было принято решение о проведении модернизации и переводе компрессоров на безмасляный режим работы.

Констатируя результаты проделанного, необходимо отметить, что спустя четверть века после ввода в эксплуатацию была проведена уникальная работа по модернизации и переводу компрессоров старого образца на безмасляный режим работы, которая привела к продлению срока службы компрессоров, снижению затрат на содержание и эксплуатацию их, что в

свою очередь привело к повышению производительности.

Сердцем любой компрессорной установки является сам компрессор. Компания «Dresser Wayne/Nuovo Pignone» предлагает своим клиентам поршневые компрессоры с вертикальной компоновкой поршней.

Сегодня весь модельный ряд компрессоров компании «Dresser Wayne» выполнен для работы в безмасляном режиме. Принудительная смазка проводится только для коленчатого вала и шатуна, охлаждение цилиндров жидкостное.



Безмасляная схема работы компрессоров полностью исключает попадание частиц масла в газ, тем самым улучшая характеристики компримируемого газа, а также снижая эксплуатационные расходы.

Кроме того, преимуществами вертикальных компрессоров производства компании «Dresser Wayne» является простота и надежность. Стабильная



частота вращения коленчатого вала компрессора обеспечивает более равномерную и безопасную работу, высокую надежность деталей, длительный срок службы деталей компрессора до капитального ремонта.

Важнейшим фактором, влияющим на эксплуатацию компрессора и компрессорной установки, является ремонтопригодность. Вертикальное расположение в совокупности с простой компоновкой компрессора обеспечивают легкий доступ к деталям компрессора во время проведения сервисного обслуживания, что сокращает длительность любых операций по обслуживанию компрессора.

Одним из факторов, влияющих на работоспособность вертикальных компрессоров, является вибрация. Однако в случае с компрессорами компании «Dresser Wayne» задача по устранению вибрации решена путем использования в основании компрессора контрвалов.

Составной частью любой АГНКС является топливораздаточное оборудование. Компания «Dresser Wayne» предлагает своим клиентам топливораздаточные колонки (ТРК) серии Global Star и Global Vista, производящие заправку от одного до трех уровней давления, для автомобилей и автобусов, а также в режиме автотранспортного парка (автобусы, мусоровозы и т.д.) через устанавливаемые сателлиты.

Компания «Dresser Wayne» является единственной компанией в мире, которая выпускает многотопливные ТРК, с которых возможно производить заправку углеводородным топливом (бензин, дизель, СУГ), а также





сжатый природный газом – метаном.

Многотопливные ТРК компании «Dresser Wayne» выполнены в едином корпусе, при этом ТРК имеют небольшие габаритные размеры и привлекательный дизайн. Весь модельный ряд колонок «Dresser Wayne» имеет практически полностью унифицированный список запасных частей, что также позволяет существенно снизить расходы на содержание и обслуживание оборудования.

В заключение следует отметить, что практика – это лучший показатель качества и надежности производи-

мого компанией оборудования. Длительная эксплуатация оборудования компании «Dresser Wayne» в России показала, что наша компания производит надежное, высококачественное оборудование, отвечающее всем требованиям, предъявляемым к данному оборудованию в России.

Компания «Dresser Wayne» обладает богатейшим опытом работы в России, который насчитывает более четверти века. На территории РФ ведется постоянный и строгий контроль за состоянием всего поставленного в Россию оборудования. Техническая поддержка проводится при участии авторизованного сервисного партнера компании «Dresser Wayne», имеющего огромный опыт работы с компрессорным оборудованием «Dresser Wayne/Nuovo Pignone», располагающего техническим персоналом, прошедшим обучение на заводе компании «Dresser Wayne», и необходимым перечнем запасных частей.

Кроме того, сегодня в России работает официальное Представительство



компании «Dresser Wayne», которое способствует развитию и совершенствованию продаж и поставок произведенного компанией оборудования.

По всем вопросам, связанным с приобретением и обслуживанием компрессорного оборудования для АГКНС производства компании «Dresser Wayne», просим обращаться в Представительство компании «Dresser Wayne» в г. Москва.

Тел.: (495) 645-82-64, 585-12-79;

факс (495) 585-12-79;

e-mail: Igor.Chistyakov@dresser.com



DRESSER Wayne

HT CUBOGAS Wayne

CUBOGAS

Российская Федерация, 115114, г.Москва,
ул. Дербеневская, д.1, стр.1, подъезд 20
Тел. (495) 645-82-64, 585-12-77
Факс (495) 585-12-79
igor.chistyakov@dresser.com

Производитель Компрессорного Оборудования
Компания Dresser Wayne – ведущий производитель комплексных решений в области природного газа

Компрессорные установки CUBOGAS®
Доказанная эффективность
Несравнимый опыт

- различные конфигурации по типу заправок (медленная, быстрая, смешанная)
- специальные версии многотопливных ТРК (бензин-дизель-метан, пропан-бутан-метан и др.)
- большой выбор моделей, установок CUBOGAS®, обеспечивающих максимальную гибкость в работе
- проверенные технологии
- повышенная эффективность и снижение затрат
- гарантия безопасности
- легкость в установке и обслуживании
- соответствие всем стандартам РФ



Система удаленного контроля и диагностики

- моделирование реальных рабочих условий
- информация о возможных причинах неполадок
- система «своевременного обслуживания»
- противоаварийное предупреждение
- удаленный мониторинг через модем или другие коммуникационные устройства



Высокоэффективная сборочная и испытательная линия!

Более 30 компрессорных установок CUBOGAS® производимых в России



Global Star

www.dresserwayne.com

Как построить автобусную заправку КПГ всего за 7 месяцев

А.С. Вандер,
генеральный директор ЗАО «Комптех», к.ф.-м.н.,
М.В. Никулин,
руководитель направления АГНКС ЗАО «Комптех»

How to build a CNG bus station for 7 Months only

A.S. Vander, M.V. Nikulin



Чтобы открыть новую АГНКС, необходимо решить множество вопросов, связанных с подбором оборудования, согласованием проекта и ее строительством. Как правило, в России на это уходят годы и годы. Как же этот процесс происходит в цивилизованных странах, например, в Великобритании?

Рассмотрим пример строительства АГНКС автобусного городского парка (г. Южный Гэмптон). Это – быстрая заправка 22 муниципальных автобусов, с пробегом каждого автобуса около 140 миль в день. Начало реализации проекта 20 июля, окончание – 20 февраля.

1-й этап. Находим потенциально-го покупателя (инвестора).

2-й этап. Делаем первоначальные расчеты по подбору компрессора ComAir и вспомогательного оборудования.

3-й этап. Готовим техническое задание. Подбираем подходящую площадку под заправку. Выдаем рекомендации по планировке заправки. Получаем предварительное одобрение заказчика, органов по защите здоровья и окружающей среды и местных властей.



4-й этап. Участвуем в тендере на поставку оборудования заказчику, в случае победы в тендере подписываем контракт, получаем предоплату и размещаем заказ на производстве. Заказчик согласовывает выделение

лимитов на электричество, газ, телекоммуникации.

5-й этап. Начинаем строительство, подводим электричество. На это, как всегда, уходит больше средств, чем было запланировано. Подводим газовую трубу и устанавливаем узел учета газа и систему хранения КПГ.



6-й этап. Как только электричество и газ подведены, можно устанавливать компрессоры, поскольку фундамент для компрессоров серии Gazrack не требуется, а системы осушения КПГ настолько компактны, что уже установлены внутри кожуха компрессора!



Когда оборудование установлено, не забываем про монтаж защитного ограждения.



7-й этап. Сдаем объект заказчику. АГНКС готова!

Конечно же, в российских условиях все происходит не так быстро, и, как правило, большую часть времени занимают различные согласования с многочисленными проверяющими организациями и надзорными органами. Но не зря гласит восточная мудрость: дорогу осилит идущий!



К0-829Б1 на газобаллонном шасси КамАЗ-65115-1861-30 – новинка для коммунального и дорожного хозяйств

Р.В. Хайрутдинов,
ведущий специалист отдела ГБО ООО «ПариТЭК»

KO-829B1 on gas chassis KAMAZ-65115-1861-30 – a novelty for municipal and road economy

R.V. Khairutdinov

Компания ООО «ПариТЭК» делает важный шаг на пути к коммерческому внедрению технологий на альтернативном моторном топливе в области тяжелого автотранспорта. Сделать город более чистым – это задача под силу представленной вниманию читателей новинке комбинированной дорожной машины К0-829Б1 (рис. 1) с газовым двигателем КамАЗ-820.60-260, работающим на безопасном моторном топливе – компримированном природном газе (КПГ) – и отвечающим экологическому классу «Евро-4».



Рис. 1. Комбинированная дорожная машина К0-829Б1 с газовым двигателем

Помимо улучшения экологической обстановки больших городов, данная новинка способна внести значительный вклад в экономию денежных

средств при закупке моторного топлива. Разница в стоимости КПГ и дизельного топлива позволяет сэкономить до 400 тыс. руб. в год при эксплуатации одной



Рис. 2. Размещение баллонных кассет

единицы дорожной машины, работающей на метане.

Описание газового оборудования К0-829Б1 (шасси КамАЗ-65115-1861-30)

Для более детального описания газового оборудования, применяемого на автотехнике КамАЗ с газовыми двигателями, рассмотрим основные свойства природного газа. Природный газ – газообразное вещество без цвета и запаха, плотность его в два раза ниже воздуха, поэтому в случае непредвиденной утечки метан легко улетучивается, не образуя взрывоопасных (4-15%) концентраций с воздухом, способных воспламениться. Температура воспламенения газозвушной смеси 640-680°C.

Для обеспечения безопасной эксплуатации автомобиля с газовым двигателем с целью обнаружения случайных утечек газообразные моторные топлива одорируют, придавая им особый запах. Одоризация может быть осуществлена путем добавления пахучих веществ, позволяющих определить даже незначительные утечки газа из системы питания.

Основным преимуществом природного газа является его пригодность к применению без каких-либо дополнительных переработок и, как следствие, низкая себестоимость. Кроме того, газ обладает следующими преимуществами:

- хорошей смешиваемостью с воздухом с образованием гомогенной смеси;

- при сгорании выделяет достаточное количество теплоты;

- отсутствует детонация даже при достаточно высокой степени сжатия (октановое число основных компонентов газового топлива находится в пределах 100-120 ед.).

Но не только в этом заключаются преимущества использования природного газа. Эксплуатация подобной техники способствует увеличению реализации КПГ через сеть АГНКС. А это также один из основных аргументов в пользу применения компримированного природного газа в качестве моторного топлива.

Несмотря на компактность большого количества навесного оборудования в составе КО-829Б1, топливная система шасси оснащена 11 металлокомпозитными баллонами объемом 80 л каждый (рис. 2): 9 баллонов расположены вертикально за кабиной, два – горизонтально слева на раме. Общий объем газовых баллонов в 880 л позволяет заправлять в систему до 180 м³ КПГ, которого хватает в среднем на 450 км пробега. Металлокомпозитные баллоны рассчитаны для длительного хранения КПГ (рис. 3).



Рис. 3. Кассета металлокомпозитных баллонов, расположенных за кабиной

Описание навесного оборудования

дорожной машины КО-829Б1

Модель КО-829Б1 оснащена пескоразбрасывающим и плужно-щеточным оборудованием. Она предназначена для круглогодичного содержания в нормальном состоянии дорог с твердым покрытием. В летний период эта дорожная машина используется с поливомоечным оборудованием для мойки и полива дорожных покрытий, мойки прилотовой полосы и полива зеленых насаждений. В зимний период она эксплуатируется с песко-



Рис. 4. Скоростной отвал для магистральной очистки

разбрасывающим оборудованием для посыпки инертными материалами или антигололедными реагентами поверхности тротуаров и дорог, а также для очистки дорожного полотна от свежевыпавшего снега плужно-щеточным оборудованием.

Поливомоечное оборудование дорожной машины включает в себя оригинальную цистерну, изготовленную по новой технологии – днища и волнорезы в ней выполнены методом штамповки и имеют вогнутую форму, что позволяет усилить конструкцию и увеличить срок службы цистерны.

Передний городской отвал машины монтируется на универсальную монтажную плиту, на которую с минимальными затратами времени можно переустановить скоростной отвал для очистки автотрассы (рис. 4). Отвал оснащен металлическими ножами из высокопрочной стали, он обеспечивает сбрасывание снега с дорожного полотна на расстояние не менее 20 м и имеет регулируемые по высоте опоры на резиновых колесах.

В пескоразбрасывающем оборудовании дорожной машины КО-829Б1 устаревшая якорная цепь ленточного скребкового транспортера заменена на более прочную пластинчатую цепь, которую для повышения эффективности работы устанавливают по две ветви. Был также увеличен диаметр разбрасывающего диска, теперь ширина посыпки может более тщательно

регулироваться в горизонтальном направлении.

В летний сезон на машину планируется устанавливать поливомоечное оборудование с высоконапорной мойкой, щетку для мытья барьерного ограждения, оборудование для мойки дорожных знаков. **Вместимость цистерны дорожной машины составляет 11,5 м³, объем кузова пескоразбрасывателя – 6,1 м³. Расширенная рабочая зона плуга и щетки (2,5 м) позволяет комбинированной машине очищать большую площадь за короткий промежуток времени. При этом распределение реагентов происходит на расстоянии 4-9 м, а плотность посыпки составляет 150-250 г/м².**

С выпуском серийной комбинированной дорожной машины КО-829Б1 на газобаллонном шасси КамАЗ ООО «РаритЭК» дополнило модельный ряд коммунальной автотехники на газомоторном топливе. Первыми образцами коммунальной техники на газобаллонном шасси КамАЗ являлись КО-440ВГ и КО-505АГ (см. «Транспорт на альтернативном топливе № 1 (13) 2010 г.). Более подробно особенностями конструкции дорожной машины КО-829Б1 можно будет ознакомиться в период автопробега «Голубой коридор – 2010».

Более подробная информация:

тел. (8552) 77-89-55, 77-89-53

e-mail: raritek@telebit.ru

сайт: ww.raritek.ru

Перспективы использования газобаллонных автомобилей с бортовым генератором синтез-газа

Н. Г. Певнев,

зав. кафедрой, профессор Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), д.т.н.,

В.А. Кириллов,

зав. лабораторией института катализа Сибирского отделения РАН, д.т.н.,

О.Ф. Бризицкий,

зам. главного конструктора РФЯЦ «ВНИИЭФ»,

В.А. Бурцев,

главный конструктор ООО «Газомотор-Р»

В статье показана динамика изменений требований к составу отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и предлагаются мероприятия по уменьшению вредных компонентов в их составе. В качестве ключевого вопроса улучшения экологических и экономических показателей ДВС рассматривается применение альтернативных топлив, в частности, природного газа метана и добавки синтез-газа (водородсодержащей смеси) к основному топливу. В подтверждение приводятся результаты пробеговых испытаний автомобиля «Газель» на различных топливах.

Ключевые слова: газобаллонные автомобили, альтернативные топлива, бортовой генератор синтез-газа, водородсодержащая смесь (синтез-газ), смеси газовых топлив, эксплуатационные показатели работы автомобиля.

Outlooks of usage gas-bottle of motor engines with the board oscillator of synthesizing-gas

N.G. Pevnev, V.A. Kirillov, O.F. Brizitskiy, V.A. Burtsev

The article deals with the analysis of dynamics of variation of the requirements to composition of exhaust gas of internal combustion engines and the measures on an abatement of poisonous reductants in their composition. As a key problem of improving the ecological and economical ations of internal combustion engines the ways of applying of alternate combustibles, in particular of natural gas of methane and component of synthesizing-gas (hydrogen inclusive of a mixture) to the main (basic) combustible are concerned. The results characteristics of trials of the automobile «Gazelle» the different fuels are given here.

Keywords: gas-bottle automobiles alternate combustibles, board oscillator of synthesizing-gas, hydrogen inclusive a mixture (synthesizing-gas), mixtures of gaseous fuels, operation indices of operation of the automobile.

Директивы Еврокомиссии предписывают для легковых автомобилей снизить к 2015 г. эмиссию CO₂ до 90 г/км. Для исполнения этих

директив Еврокомиссия предлагает установить систему налогового регулирования выбросов CO₂ путем снижения или увеличения налого-

вых выплат на каждый автомобиль (табл. 1).

Для легкового автомобиля среднего класса, например, ВАЗ-2110, имеющего эмиссию CO₂ 140 г/км, снижение выбросов CO₂ до 90 г/км эквивалентно снижению расхода бензина на 28%, то есть до 3,7 л/100 км пробега (рис. 1). Если использовать традиционные топлива, то изменением конструкции автомобиля и ДВС добиться такого уменьшения выбросов весьма проблематично и крайне дорого.

Нормы на токсичные выбросы автомобилей ужесточаются каждые пять лет примерно в два раза. Невыполнение требований директив Еврокомиссии по выбросам CO₂ ведет к снижению конкурентоспособности автомобилей и к потере рынка их сбыта, **а невыполнение норм по токсичности – к запрету на продажу.**

Вышеперечисленные факторы привели к интенсивным работам, направленным на снижение расхода топлива, переходу к использованию альтернативных и возобновляемых моторных топлив, в том числе водорода. В настоящее время в промышленно развитых странах действуют государственные программы, стимулирующие работы по использованию альтернативных моторных топлив на автотранспорте.

Наиболее эффективным и дешевым способом снижения эмиссии CO₂ является использование на автотранспорте альтернативных топлив с низким содержанием углерода (рис. 2).

При работе серийных двигателей ВАЗ на компримированном природном газе (КПГ) эмиссия CO₂ снижается на 23-38%. При работе на КПГ в смеси с водородосодержащим синтез-газом, получаемым на борту автомобиля из основного топлива, можно обеспечить снижение эмиссии CO₂ на 52%, а токсичности до уровня требований «Евро-5». Автомобиль на топливных элементах с бортовым процессором получения водорода может обеспечить снижение эмиссии CO₂ на 56%.

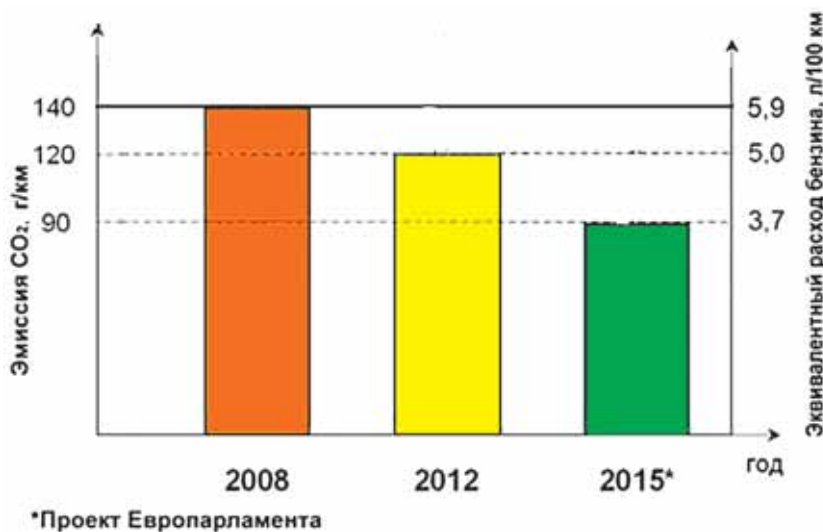
Автомобили, работающие только на водороде, обеспечивают нулевую эмиссию CO₂.

Таким образом, просматривается возможность поэтапного решения

Таблица 1

Рекомендации Еврокомиссии по налоговому регулированию выбросов CO₂ автомобилями

Выбросы CO ₂	Изменение налоговых выплат
Менее 120 г/км	Снижение от 500 до 700 евро
От 120 до 140 г/км	Снижение от 250 до 350 евро
От 140 до 180 г/км	0
Более 180 г/км	Увеличение от 400 до 3200 евро

Рис. 1. Требования Евросоюза по ограничению эмиссии CO₂

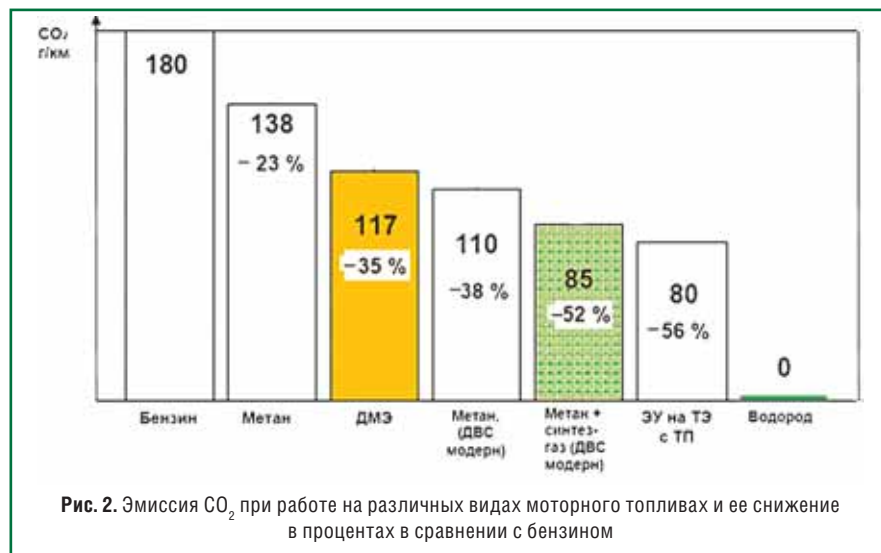
проблемы снижения эмиссии CO₂ без существенного увеличения затрат на производство автомобилей, что позволяет наметить концепцию развития автотранспортных средств на альтернативных моторных топливах.

Ключевыми задачами реализации данной концепции являются:

1. Организация серийного производства автомобилей, работающих на КПП с параллельным развитием сети

автомобильных газонаполнительных станций.

2. Создание генераторов водородосодержащего синтез-газа, получаемого на борту автомобиля из КПП, либо из сжиженного углеводородного газа (СУГ). Организация производства автомобилей с бортовыми генераторами синтез-газа, а также установка генераторов синтез-газа на автомобили, находящиеся в эксплуатации.

Рис. 2. Эмиссия CO₂ при работе на различных видах моторного топлива и ее снижение в процентах в сравнении с бензином

При этом КПП рассматривается на ближайшие годы как моторное топливо, позволяющее существенно снизить загрязнение атмосферы, а также как основной исходный продукт для получения наиболее дешевого водорода. Существующая инфраструктура снабжения природным газом рассматривается в качестве базы для развития водородной инфраструктуры. Решение задач данной концепции невозможно без организационной, законодательной и финансовой поддержки государственных структур, а также без участия ОАО «Газпром».

Предлагаемый в настоящей статье подход к решению энерго-экологических проблем автомобилизации заключается в улучшении процесса сгорания топлива в ДВС путем добавки к традиционному топливу водородосодержащего синтез-газа, получаемого из части топлива непосредственно на борту автомобиля посредством воздушной конверсии с помощью бортовых генераторов синтез-газа. Такой подход предполагается применить к автомобилям, находящимся в эксплуатации, и к серийно выпускаемым автомобилям.

Разработка и создание бортовых генераторов получения синтез-газа и массовое внедрение их в практику (в первую очередь, это установка их на автомобили, находящиеся в эксплуатации) позволят получить ощутимый эффект в повышении топливной экономичности и улучшении экологических характеристик автомобилей в ближайшее время, а также адаптировать эксплуатацию генераторов синтез-газа в составе автомобиля в различных климатических условиях.

По мнению специалистов многих стран, в обозримом будущем никакой замены традиционным ДВС в массовом автомобилестроении не предвидится, тем более что у них имеются большие потенциальные возможности для повышения топливной экономичности и снижения токсичности отработавших газов. По крайней мере, на ближайшие два десятилетия ДВС остается основным типом силовой установки для автомобилей, что вынуждает искать сегодня новые решения энерго-экологических проблем автомобильного транспорта.

Попытки серийного внедрения на автомобильном транспорте устройств конверсии углеводородного топлива предпринимались еще в 1980-е гг., но из-за отсутствия эффективных катализаторов и их носителей не удалось создать малогабаритные генераторы синтез-газа с коротким временем запуска. К тому же в то время не было особой актуальности использования таких устройств по экологическим критериям.

Прогресс последних лет позволил Институту катализа СО РАН создать новые катализаторы и новые подходы к разработке реакторов для проведения экзотермических процессов, в том числе и для конверсии углеводородов в синтез-газ, используя которые РФЯЦ ВНИИЭФ совместно с ИК СО РАН разработал ряд малогабаритных конвертеров воздушной конверсии природного газа.

Синтез-газ представляет собой смесь окиси углерода и водорода. Существуют различные способы его получения, например, посредством паровой конверсии или парциального окисления (воздушная конверсия) природного газа на специальных катализаторах.

Если в ДВС использовать топливную смесь, состоящую из традиционного топлива и добавок продуктов частичной конверсии ~5-20% такого же топлива, то есть синтез-газа, получаемого непосредственно на борту автомобиля в бортовом генераторе синтез-газа, то КПД двигателя повышается, а соответствующие ему стехиометрические значения α , при которых обеспечивается устойчивая работа двигателя, сдвигаются в область бедных смесей. Сегодня этот процесс можно осуществить только для природного газа, так как он имеет достаточную чистоту. Что касается других видов моторного топлива, а именно пропан-бутана и бензинов, то здесь уже требуется вмешательство контролирующих государственных структур, так как реализуемые на автозаправках упомянутые продукты резко отличаются от требований ГОСТ и слишком загрязнены.

Принципиальная схема бортового генератора приведена на рис. 3. Синтез-газ ($\text{CO} + \text{H}_2$), смешиваясь с

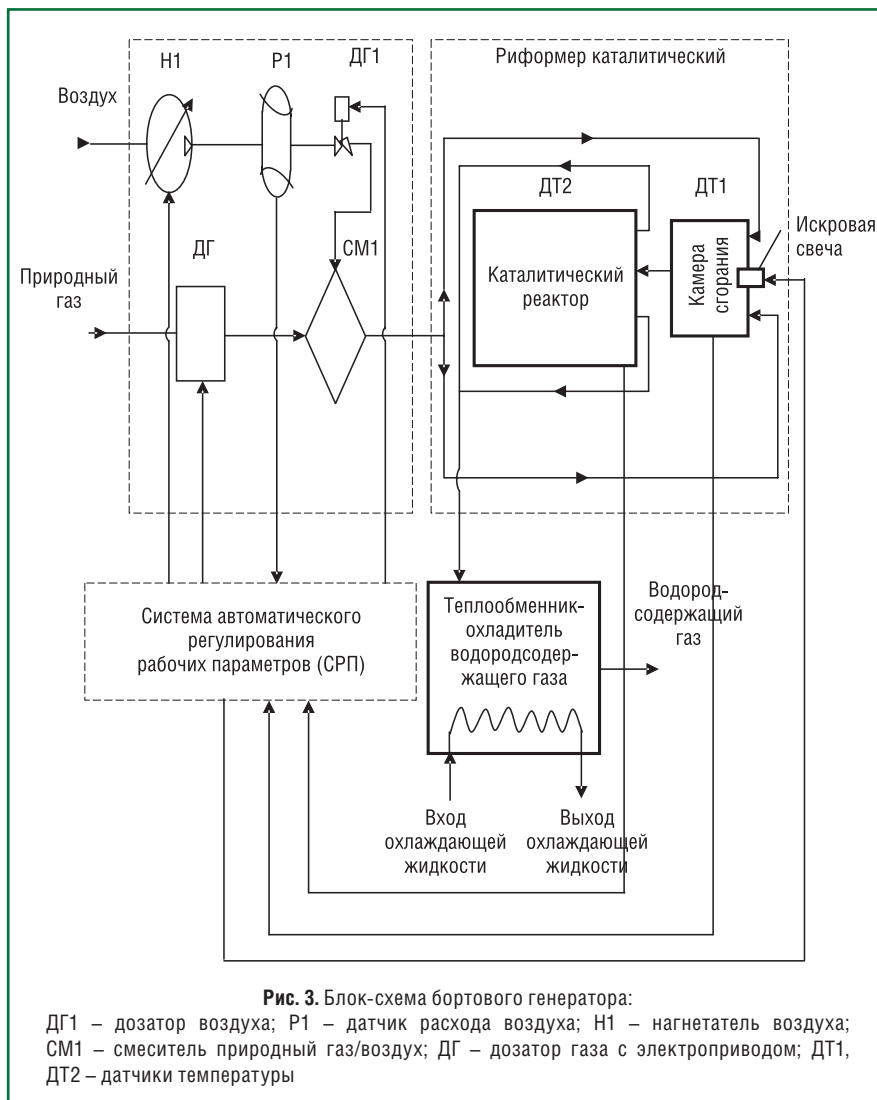


Рис. 3. Блок-схема бортового генератора:
 ДГ1 – дозатор воздуха; Р1 – датчик расхода воздуха; Н1 – нагнетатель воздуха;
 СМ1 – смеситель природный газ/воздух; ДГ – дозатор газа с электроприводом; ДТ1,
 ДТ2 – датчики температуры

основным топливом, обеспечивает повышенную реакционную способность топливной смеси, что способствует улучшению процесса сгорания топливной смеси в ДВС.

Соотношение $\text{CO}:\text{H}_2$ в синтез-газе зависит от применяемого способа получения этого продукта. При воздушной конверсии метана это отношение близко к 1:2, а выход водорода составляет не менее 32%. Для двигателя автомобиля даже 6-10%-ная добавка водорода позволяет обеспечивать устойчивую работу ДВС на обедненных топливных смесях. Это объясняется иницирующим воздействием водорода, который образует центры сгорания.

О перспективах создания подобных устройств говорил академик Я.Б. Зельдович в своей теории сгорания. Сейчас уже известно, что водородная добавка увеличивает эффективность

работы двигателя и его экологических характеристик, а именно:

- расход топлива при движении автомобиля в условиях городского цикла сокращается на 16-18%;
- содержание окиси углерода и еще более опасных для окружающей среды окисей азота уменьшается на 30-40%;
- уменьшение расхода топлива на холостом ходу достигает 40%.

При этом исходная структура моторного топлива не оказывает решающего влияния на образование активных центров и, в первую очередь, атомарного водорода – наиболее легкой частицы со скоростью диффузии почти в 4 раза большей, чем у любого другого радикала. Наиболее важным фактором, определяющим скорость реакции, является отношение $\text{C}:\text{H}$ в исходном топливе. С уменьшением этого отношения

расширяются концентрационные пределы сгорания. В этом плане обогащение топливно-воздушной смеси водородом можно рассматривать с определенными допущениями как метод снижения С:Н базового углеводородного топлива и, следовательно, как метод направленного воздействия на концентрационные пределы его сгорания. Влияние водорода столь велико, что при относительно небольших его добавках представляется возможным реализовать такие степени обеднения, которые недоступны любому другому способу [1].

Устройство для получения синтез-газа представляет собой комплект, состоящий из каталитического блока и блока управления бортовым генератором [2]. Каталитический блок производит конверсию углеводородного топлива для получения синтез-газа (рис. 4).

Блок управления (рис. 3) проводит дозирование поступающей смеси, производит начальный запуск генератора и контролирует систему охлаждения. Разработчикам удалось создать генератор с оптимальными для применения в автомобиле массогабаритными и динамическими характеристиками. Реактор имеет массу 8 кг и объем 2,5 л, запуск производится за 11-35 с, что соизмеримо со временем прогрева нейтрализатора. В настоящее время приоритет, по мнению разработчиков, отдается применению бортовых генераторов синтез-газа на городских автобусах, микроавтобусах, малотоннажном коммунальном транспорте [3].

Как следует из предварительных экспериментов, применение синтез-газа в качестве добавки к используемому в ДВС углеводородному топливу обеспечивает значительное снижение концентрации СО и NO_x в отработавших газах двигателя. Этим достигается выполнение требований «Евро-4» при значительном удешевлении каталитических нейтрализаторов в выпускном тракте двигателя, а также значительная экономия моторного топлива, особенно на малых и средних нагрузках.

В табл. 2, 3 приведены сравнительные данные по результатам дорожных испытаний автомобиля «Соболь»,

проведенных в ходе автопробега «Голубой коридор» по маршруту В.Новгород – Санкт-Петербург – В.Новгород – Тверь – Москва – Московская область. Общая протяженность маршрута из г. Рыбинск Ярославской области до В.Новгорода и обратно составила 2235 км [3]. Для участия в этом автопробеге был использован микроавтобус «Соболь», оснащенный газобаллонным оборудованием и бортовым генератором синтез-газа производительностью 5-25 м³/ч. Участие в этом автопробеге позволило провести полномасштабные испытания автомобиля, выполнить замеры фактических показателей содержания вредных выбросов автомобиля непосредственно во время пробега и замеры фактического расхода топлива. Особенностью данного транспортного средства являлось то, что он мог работать не только на природном газе, но и на смеси метана и синтез-

газа, получаемого непосредственно на борту, а также на бензине. Это позволяло в сопоставимых условиях провести сравнительные измерения и оценить эффективность применения добавок синтез-газа.

В табл. 2 приведены сравнительные данные по эмиссии различных топлив при проведении дорожных испытаний. Из табл. 2 следует, что применение добавок синтез-газа к топливу снижает эмиссию СО в 18 раз, NO_x примерно в 12 раз, СО₂ в 1,4 раза, но примерно в 1,5 раза увеличивает выбросы СН. Последний результат требует проведения дополнительных исследований.

Из табл. 2, 3 следует, что в случае использования смеси КПГ с добавками синтез-газа время разгона увеличивается примерно на 14-30% в зависимости от типа передачи. Затраты на 100 км пробега в ценах на топливо на момент пробега (июнь 2009 г.) при

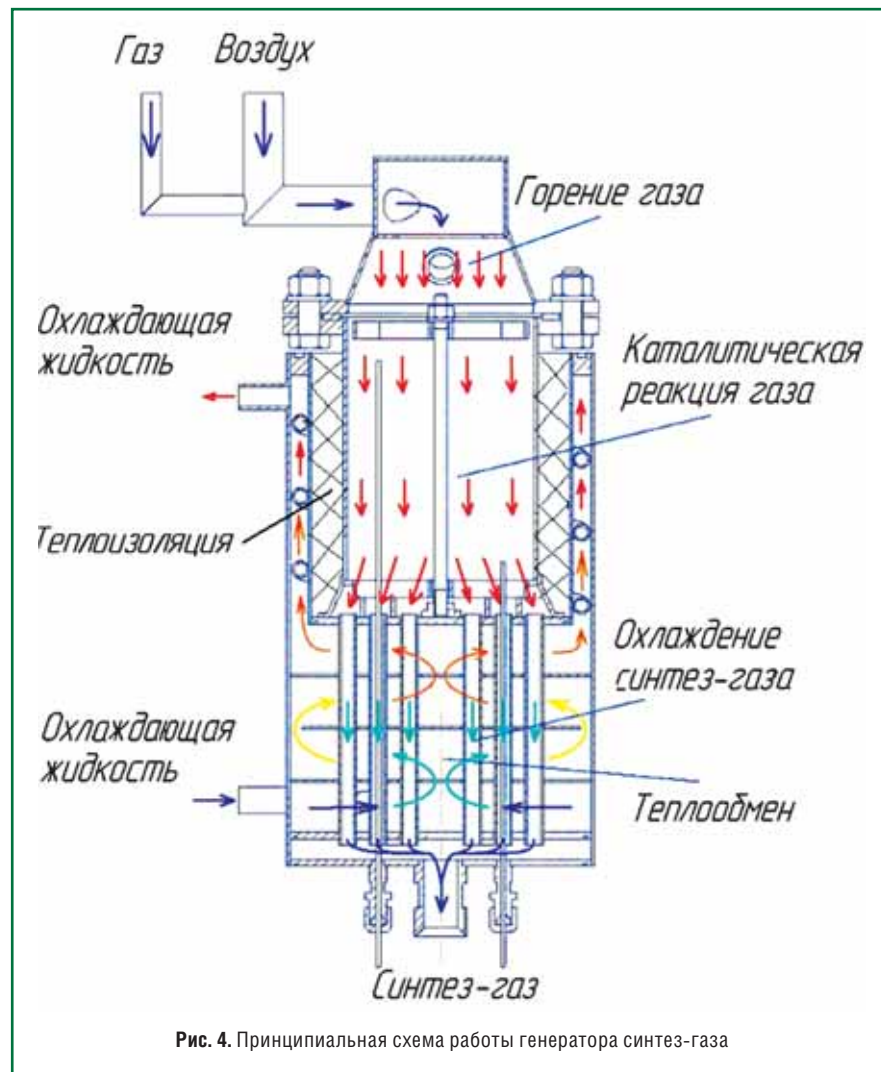


Рис. 4. Принципиальная схема работы генератора синтез-газа

переходе с бензина на КПГ снижаются в 3,28 раза, а при использовании КПГ с добавками синтез-газа – в 3,83 раза. При переходе с КПГ на природный газ с добавками синтез-газа наблюдается снижение затрат в 1,17 раза и увеличение пробега микроавтобуса на 62 км. Отметим, что полученные результаты по эффективности могут быть значительно выше в случае оптимизации двигателя и генератора синтез-газа по нагрузочным характеристикам.

Полученные результаты экспериментов указывают на возможность нового подхода к экономии топлива и решению проблемы уменьшения вредных выбросов путем экологически чистого сжигания топлива в самом автомобильном двигателе.

С учетом того, что в настоящее время инфраструктура водородных заправочных станций отсутствует, а ее внедрение требует колоссальных финансовых затрат, разработка и внедрение генераторов синтеза-газа на борту автомобиля является единственной реальной возможностью резкого повышения топливной экономичности и улучшения экологических характеристик автомобильного транспорта.

Стоимость автомобильного генератора синтез-газа по оценкам разработчиков при серийном производстве не будет превышать 25-30 тыс. руб. С учетом того, что это устройство не только улучшает экологические показатели автомобиля, но и повышает его экономичность, затраты на приобретение такого генератора должны окупаться за 1,5-2 года эксплуатации.

В данной статье приводятся результаты разработок по генератору синтез-газа при работе на КПГ. Природный газ – это экологически чистое топливо для ДВС, как правило, с содержанием метана, составляющего более 90%, и незначительных добавок этилена, этана и пропана.

В настоящее время в стране работают около 800 тыс. газобаллонных автомобилей на СУГ с хорошо развитой инфраструктурой, обеспечивающей бесперебойную эксплуатацию этих автомобилей [4]. Большинство таких автомобилей работает в крупных городах России – Москве, Екатеринбу-

Таблица 2
Сравнительные данные по эмиссии различных топлив при дорожных испытаниях (двигатель – ЗМЗ-40522.10)

Наименование	Вид моторного топлива		
	Бензин	КПГ*	КПГ+синтез-газ
Контрольный пробег, км	0	0	0
CO, %	0,35	0,3	0,016
CH, ppm	147	193	292
NO _x , ppm	174	191	16
CO ₂ , %	13,2	11,1	7,5
Контрольный пробег, км	550	550	550
CO, %	0,29	0,31	0,035
CH, ppm	210	216	310
NO _x , ppm	210	235	17
CO ₂ , %	13,1	11,8	8,1
Контрольный пробег, км	1800	1800	1800
CO, %	0,3	0,33	0,02
CH, ppm	195	222	340
NO _x , ppm	205	195	14
CO ₂ , %	12,9	10,9	7,95

Примечание. КПГ* – компримированный природный газ, содержащийся в газовых баллонах.

Таблица 3
Показатели эффективности применения синтез-газа в ДВС при дорожных испытаниях (двигатель – ЗМЗ-40522.10)

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

ге, Тюмени, Омске, Новосибирске и др. Они могли бы работать с использованием бортового генератора синтез-газа, но нужно поднять технологическую дисциплину реализации на АГЗС чистого топлива, отвечающего требованиям ГОСТ.

В законе об альтернативных топливах в качестве альтернативы моторным топливам следующим за КПГ назван СУГ.

С учетом этих обстоятельств необходимо провести проверку работы генератора синтез-газа в условиях

эксплуатации с использованием СУГ, отличного от КПП. Это будет способствовать расширению области применения уникального процесса добавки водорода к основному моторному топливу.

Этому вопросу будут посвящены дальнейшие наши исследования.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что воздушная конверсия природного газа является наиболее простым и дешевым способом получения водородсодержащего синтез-газа на борту транспортного средства.

2. Исследования показали, что добавки 6-10% синтез-газа к основному топливу имеют такой же эффект,

что и добавки чистого водорода, который дороже синтез-газа в 8-10 раз.

3. Для развития и внедрения технологии ДВС+ГСГ в повседневную экс-

плуатацию необходимы совместные усилия разработчиков ГСГ и предприятий, занятых эксплуатацией газобаллонных автомобилей.

Литература

1. **Бризицкий О.Ф.** Разработка компактных устройств для получения синтез-газа из углеводородного топлива на борту автомобиля в целях повышения топливной экономичности и экологических характеристик автомобилей. – Бризицкий О.Ф., Терентьев В.Я., Христоролюбов А.П., Золотарский И.А., Кириллов В.А., Собянин В.А., Садыков В.А., Мирзоев Г.К., Сорокин А.И. – Альтернативная техника и экология. – 2004, № 11.

2. **Бурцев Н.В.** Применение методов адаптивного управления при разработке микропроцессорной системы управления многотопливным ДВС с использованием синтез-газа. – Бурцев Н.В., Бризицкий О.Ф., Кириллов В.А., Комаров В.Н., Собянин А.А. – Вестник НГУ, сер. Информационные технологии. 2009, т. 7, в. 2. – С. 62-73.

3. **Бризицкий О.Ф.** Использование генератора синтез-газа в ДВС автомобиля. Бризицкий О.Ф., Терентьев В.Я., Кириллов В.А., Савицкий А.И., Бурцев В.А. – Транспорт на альтернативном топливе. – 2008, № 6.

4. **Певнев Н.Г.** Применение комбинированной системы впрыска топлива для повышения эффективности эксплуатации газобаллонных автомобилей. – Певнев Н.Г., Левашов М.Г. – Автотранспортное предприятие, 2007, № 5. – С. 41-45.

Завод «Сеспель» запустил в производство новый газовоз и газозаправщик

Завод «Сеспель» по техническому заданию компании «Русбизнесавто» разработал и запустил в серийное производство линейку полуприцепов-цистерн с индексом 96488 для транспортировки и заправки сжиженных углеводородных газов (СУГ).

Завод «Сеспель» продолжает усиливать экспансию своей продукции на российский рынок и радовать отечественных потребителей очередными новинками. Теперь продукция этого предприятия пополнилась цистернами для перевозки и заправки СУГ. Новые полуприцепы-цистерны «Сеспель 96488» имеют несущую конструкцию и могут транспортироваться седельными тягачами российского или иностранного производства.

Высокое качество изготовления новых моделей обеспечивается 100%-ной автоматизацией сварки сосудов, как это принято у ведущих иностранных производителей, при этом стоимость новой модели сопоставима с отечественными моделями.

Полуприцепы комплектуются осями BPW на пневмо-рессорной или рессорно-балансирной подвеске (для тяжелых

условий эксплуатации), также существует бюджетный вариант – модели с осями КамАЗ на рессорно-балансирной подвеске. Тормозная система новинок – фирмы «Wabco» (Германия).

Завод «Сеспель» получил сертификаты Ростехнадзора на производство сосудов, работающих под высоким давлением. По итогам проверочных расчетов ООО «НИИхиммаш» все представленные модели полуприцепов-автоцистерн удовлетворяют условиям прочности. Также завод получил положительные результаты ООО «НИИхиммаш» на всю имеющуюся линейку полуприцепов-цистерн. Таким образом, сегодня предприятие стало единственным заводом в России, имеющим сертификаты Ростехнадзора на перевозку всего спектра жидкостей: сжиженных газов, светлых, темных нефтепродуктов и химических продуктов.

Техника завода «Сеспель» стала открытием последних двух лет, в течение которых завод произвел качественный скачок в технологиях, производстве и обучении специалистов, благодаря чему опережает ныне существующие российские и даже многие европейские производства минимум на 10 лет.

Завод «Сеспель» оснащен уникальным оборудованием европейского производства, обеспечивающим соответствие всем международным стандартам качества, а также отвечающим самым жестким требованиям охраны окружающей среды. Завод оснащен уникальной гаммой технологического оборудования. Основа производства продукции завода – передовые технологии и лучшие инженерные решения.

Ассортимент продукции, выпускаемой на заводе «Сеспель», представлен следующими позициями: алюминиевые и стальные автоцистерны для перевозки нефтепродуктов, цементовозы, муковозы, водовозы, контейнеры и многие другие виды техники.

Фирмы, составившие основу компании «Русбизнесавто», были образованы в 1993 г. Сегодня эта компания является ведущим оператором на рынке продаж грузовой автотехники, автобусов и спецтехники, одним из лидеров по организации снабжения предприятий запасными частями, а также обладает сетью современных станций технического обслуживания и ремонта грузовой автотехники. Компания «Русбизнесавто» является официальным дилером большинства отечественных и многих иностранных производителей грузовой, автобусной, специальной техники и заводов по производству автозапчастей.

Комплексное оформление АЗС и АГЗС

Компания «Паритет-строй» входит в группу компаний «Паритет», область деятельности которой включает рекламную, производственную и строительную отрасли. Первая АЗС была облицована этой компанией еще в 2001 г. Сегодня компания производит 300 комплектов облицовки АЗС, АГЗС и 800 стел ежегодно.



АЗС компании «Газпром нефть» (г. Ноябрьск)

Несмотря на кризисные явления в экономике, компании «Паритет-строй» удалось сохранить надежные отношения как с крупными партнерами – нефтяными компаниями «ЛУКОЙЛ» и «Роснефть», так и с небольшими региональными операторами рынка нефтепродуктообеспечения России – «Салават», «Новатек», «Феникс», «Дан», «Таиф-НК». Важными событиями 2009 г. стало вхождение компании «Паритет-строй» в пул подрядчиков по ребрендингу сети АЗС компании «Газпром нефть» и начало сотрудничества с федеральной сетью Казахстана «Гелиос».

Учитывая большое внимание, которое уделяют ведущие нефтяные компании внешнему облику своих АЗС, разработке фирменного стиля и качеству применяемых материалов, наши специалисты при производстве продукции используют самое современное оборудование, обеспечивающее высокое качество выпускаемой продукции и практически абсолютную идентичность изделий.

А максимальный процент «заводской готовности» существенно упрощает и удешевляет монтаж и позволяет выполнять самые масштабные программы ребрендинга в очень сжатые сроки.

Производство элементов облицовки начинается с глубокой проектной

проработки конструкторским бюро компании. Проектирование производится в строгом соответствии с ГОСТами и СНиПами, с учетом климатических условий и ветровых нагрузок для всех регионов, в которых размещаются объекты. Особое внимание уделяется электрической части проекта.

Производство, расположенное на площади 5,5 тыс. м², позволяет изготавливать облицовку одновременно для 20 АЗС, АГЗС и 35 стел в месяц. Полный цикл производства – от замеров объекта до монтажа – обеспечивает необходимое качество и независимость от субподрядчиков.

Активно работу по модернизации собственной производственной базы компания начала еще три года назад. Сейчас в арсенале компании новейшее оборудование ведущих европейских производителей – раскроечно-фрезерные станки с программным управлением, листогибное оборудование, современная покрасочная линия, оборудование для вальцевания. Использование этого оборудования позволяет изготавливать сложнейшие элементы и обеспечивать высокое качество всех изделий. Впрочем, технологии – это еще не все.

За годы работы был сформирован профессиональный коллектив, который насчитывает 250 человек, 150 из которых составляет персонал производственного цеха.

10 монтажных бригад, работающих на постоянной основе и оснащенных



Производственный цех компании «Паритет-Строй»

автотранспортом и необходимым оборудованием для производства строительно-монтажных работ, способны выполнить монтаж облицовки и рекламно-информационного оборудования 20 объектов в месяц в любом регионе России.

Реализация каждого проекта производится в несколько этапов. Как правило, работа начинается с тщательного обследования и замеров объекта инженерами КБ компании, затем готовится проектная документация, и начинается производство продукции. Монтаж одной АЗС занимает всего 10-20 дней.

На всю облицовочную и рекламную продукцию, произведенную компанией «Паритет-строй», предоставляется гарантия 12 месяцев.

С 2009 г. компания предоставляет дополнительные услуги: сервисное и постгарантийное обслуживание.

География деятельности компании «Паритет-строй» – это вся территория Российской Федерации, а также страны ближнего зарубежья. АЗС, оформленные компанией, работают более чем в 70 городах нашей страны – от Мурманска до Сочи, от Тулы до Владивостока.

Результаты работы компании «Паритет-строй» можно увидеть по всей стране. Располагая значительными производственными и технологическими возможностями, компания предлагает своим заказчикам комплексный подход и разнообразные современные технологии оформления объектов.

Неслучаен поэтому и девиз компании «Паритет-строй»: «Серийное качество, индивидуальный подход».

КОМПЛЕКС УСЛУГ ПО ОФОРМЛЕНИЮ АЗС и АГЗС



- Проектирование
- Производство
- Монтаж
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание

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

Серийное качество.
Индивидуальный подход.



Газэнергосеть консолидировала активы по реализации СУГ и нефтепродуктов

9.03.2010 г. ОАО «Газэнергосеть», специализированный оператор ОАО «Газпром» по реализации нефтепродуктов, сжиженного углеводородного газа (СУГ) и серы на внутреннем рынке РФ, консолидировало свои активы в регионах.

«В соответствии с программой стратегического развития ОАО «Газэнергосеть» в Астраханской, Белгородской областях, Краснодарском крае и республике Северная Осетия-Алания завершена консолидация производственных активов по реализации СУГ и нефтепродуктов», – говорится в сообщении компании.

В этих регионах созданы единые операционные центры по управле-

нию имуществом вместо нескольких специализированных компаний по реализации СУГ и нефтепродуктов. В настоящий момент весь имущественный комплекс передан единым региональным операторам: ООО «Газэнергосеть Астрахань», ОАО «Белгазэнергосеть», ООО «Газэнергосеть Краснодар» и ООО «Газэнергосеть Алания».

«Перераспределение региональных активов и изменение системы управления имущественным комплексом направлено на повышение эффективности производственной деятельности. Единые операторы в полном объеме представляют интересы ОАО «Газэнергосеть» в регионе», – отмечается в сообщении.

В настоящий момент региональные компании управляют следующими активами: ООО «Газэнергосеть Астрахань» – одной газонаполнительной станцией (ГНС), одной нефтебазой (НФБ), 21 АЗС и 12 автогазозаправочных станций (АГЗС); ОАО «Белгазэнергосеть» – одной ГНС, одной НФБ, 17 АГЗС, пятью АЗС, пятью многотопливными автозаправочными станциями (МАЗС) и тремя автоматическими мини-АЗС; ООО «Газэнергосеть Краснодар» – 15 АЗС, 9 МАЗС и одной АГЗС; ООО «Газэнергосеть Алания» – 15 МАЗС и одной НФБ.

ОАО «Газэнергосеть» поставляет СУГ в 60 регионов России, является собственником сети АЗС ОАО «Газпром» в РФ. Активы компании составляют: 25 газонаполнительных станций, семь нефтебаз, 88 АГЗС, 58 АЗС, 41 МАЗС и завод по производству углеводородного пропеллента.

http://www.oilcapital.ru/news/2010/03/091603_151160.shtml

Сжиженные углеводородные газы: актуальность использования и особенности учета

А.Л. Федоров,

старший научный сотрудник лаборатории технико-экономических исследований ОАО «Гипрониигаз», к.т.н.,

Ю.Н. Вольнов,

начальник технического отдела, помощник технического директора ОАО «Гипрониигаз»,

Р.П. Гордеева,

консультант по проектированию, строительству и эксплуатации объектов СУГ ОАО «Гипрониигаз», технический директор ООО «Еврогалс»

В настоящей статье проведен анализ актуальности использования сжиженных углеводородных газов в России и в мире. Рассмотрены основные физико-химические свойства СУГ, которые должен знать персонал объектов СУГ. Даны рекомендации по минимизации методических погрешностей коммерческого учета СУГ в процессе проведения сливно-наливных операций. Приведены долгосрочные целевые ориентиры энергетической политики России по диверсификации товарной структуры экспорта энергоносителей.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы (СУГ), плотность, объем и масса СУГ, учет СУГ.

Liquefied Hydrocarbon Gases: Urgency of Utilization and Means of Accounting

A.L. Fedorov, Y.N. Volnov, R.P. Gordeyeva

The article presents analysis of urgency of liquefied hydrocarbon gases (LHG) utilization in Russia and all over the world. The main physicochemical properties of LHG, that staff of LHG facilities must know, are considered. The recommendations on minimization of methodical faults of LHG commercial accounting in the process of filling-overspill operations are given. The long-term special-purpose reference points of Russia economic policy on diversification of goods structure of power carriers export are given.

Keywords: liquefied hydrocarbon gases (LHG), density, volume and mass of LHG, LHG accounting.

России газификация изначально была рассчитана на использование как природного газа, так и сжиженных углеводородных газов – многокомпонентных смесей с преобладающим содержанием пропана или бутана. Это связано с тем, что снабжение природным газом отдельных потребителей и регионов нашей страны в силу экономических (большие капиталовложения при низкой окупаемости) или инженерно-технических (большая удаленность объектов газопотребления от магистральных газопроводов, рассредоточенность потребителей) причин не представляется возможным либо имеет отдаленную перспективу.

Необходимо отметить, что если за последние десятилетия добыча и потребление природного газа в мире характеризуются стабильно восходящим трендом, то выработка и потребление СУГ характеризуются неустойчивым трендом. По прогнозам экспертов, тенденция роста добычи и использования природного газа в XXI в. только увеличится. В этой связи резонным является вопрос об актуальности дальнейшего использования СУГ.

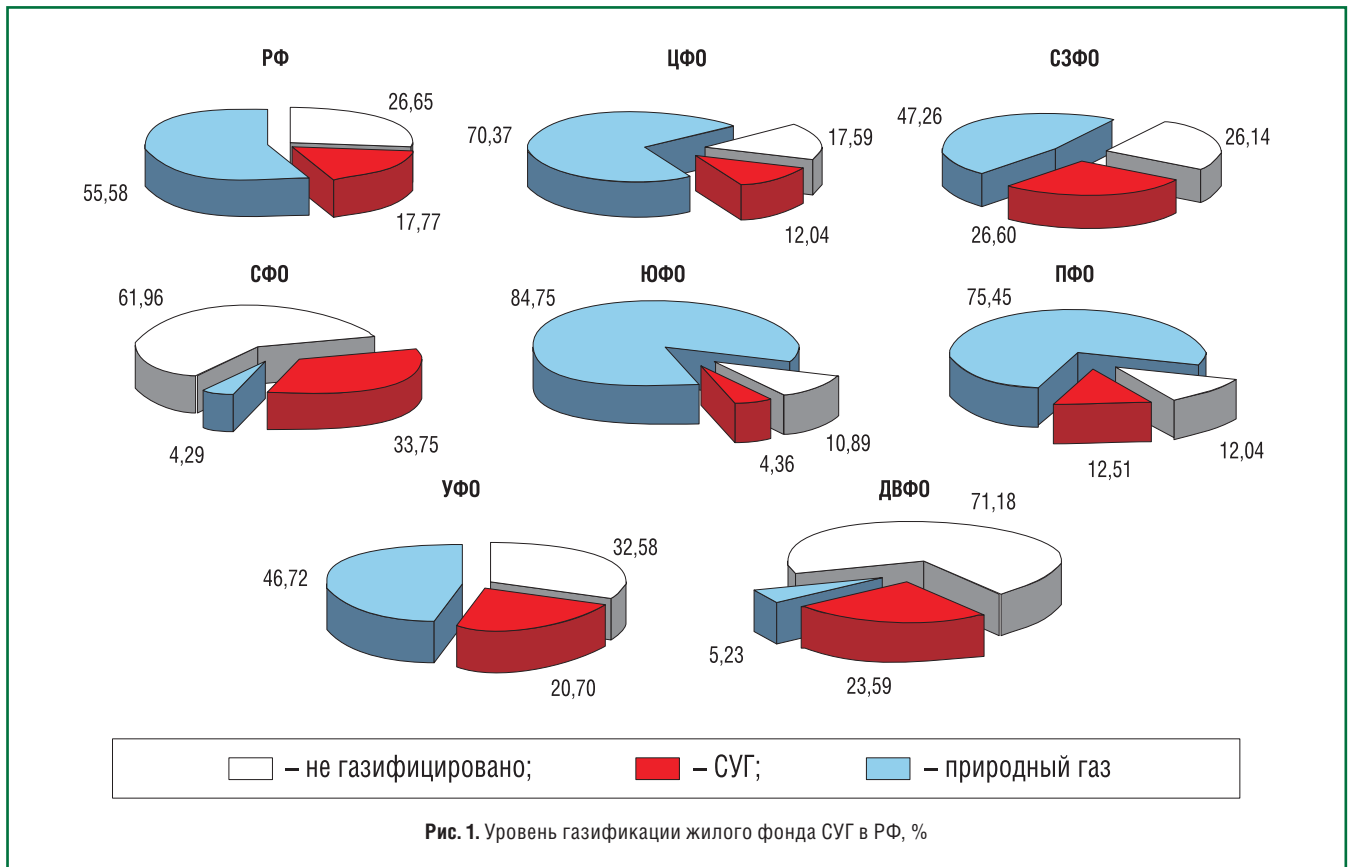
Говоря об актуальности использования СУГ, следует отметить, что, в частности, в России СУГ широко используются в качестве топлива для коммунально-бытового применения, моторного топлива для автомобильного транспорта, а также в качестве сырья для нефтехимической промышленности. При этом спрос на СУГ как в России, так и за ее пределами носит ярко выраженный сезонный характер. По данным последней редакции «Технического паспорта газового хозяйства Российской Федерации по состоянию на 01.01.2007» [1] уровень газификации жилого фонда СУГ составлял (рис. 1) в целом по РФ 17,77%, из них по федеральным округам¹: ЦФО – 12,04%; СЗФО – 26,60%; СФО – 33,75%; ЮФО – 4,36%; ПФО – 12,51%; УФО – 20,70%; ДВФО – 23,59%.

В 2009 г. в 8 регионах России (Республики Бурятия, Тува, Хакасия,

1 Данные об уровне потребления СУГ по СКФО, образованному указом Президента РФ в 2010 г., не приведены, так как по состоянию на 01.01.2007 г. регионы СКФО входили в состав ЮФО.

Экономика России, обладающей, как известно, самыми крупными в мире запасами полезных ископаемых, полностью базируется на собственных энергоресурсах. В их основе – углеводороды (доказанные запасы которых составляют более

30% от общемирового показателя) и, в первую очередь, природный газ, занимающий доминирующее положение в топливно-энергетическом балансе страны и являющийся инструментом проведения внутренней и внешней политики. Между тем, проводимая в



По данным Интернет-источников, потребление СУГ в мире за период с 1990 по 2009 г. выросло примерно в 1,6 раза (со 150 млн. т до 240 млн. т). Ожидается, что к 2020 г. мировое потребление СУГ достигнет 300 млн. т в год.

Этому способствует, кроме прочего, интенсивное развитие экономики стран Азиатско-Тихоокеанского региона. В этой связи экспорт СУГ для России имеет важное экономическое значение.

Таким образом, широкое использование СУГ в настоящее время и прогнозируемое увеличение их потребления в будущем наглядно свидетельствуют об актуальности и востребованности СУГ как одного из

альтернативных природному газу видов газового топлива.

В силу вышеизложенного очевидно, что, как и любой товар, СУГ являются предметом купли–продажи. Поэтому вопросы нормированного учета СУГ имеют принципиальное значение. Важно отметить, что на практике учет СУГ сопряжен с определенными трудностями и прежде всего со специфическими особенностями самих углеводородов, входящих в состав СУГ. В отличие от природного газа, физико-химические свойства СУГ, находящихся в замкнутом пространстве в парожидкостном равновесном состоянии, с одной стороны зависят от компонентного состава жидкой смеси, а с другой – подвержены влиянию температуры и давления. Поэтому, обеспечить организацию учета СУГ с точностью, приемлемой для коммерческих расчетов, достаточно сложно. На практике это приводит к ошибочным показателям (погрешностям) учета СУГ в процессе проведения сливно-наливных операций и возникновению разногласий между поставщиками и потребителями СУГ, имеющих юридические последствия. Свидетельством

этого являются письма с вопросами о технологических потерях, учете, свойствах СУГ и др., регулярно поступающие в адрес ОАО «Гипрониигаз».

Так, например, в июле 2009 г. поступило письмо из Орловской области, в котором приводится пример нарушения правил безопасности при проведении строительных работ с использованием баллона, заполненного СУГ. Из материалов происшествия следует: в январе 2009 г. индивидуальный предприниматель при выполнении строительных работ по договору «установки натяжных потолков» внес в двухкомнатную квартиру, расположенную на третьем этаже жилого трехэтажного здания, стальной сварной баллон вместимостью 12 л, заполненный жидким пропаном. Через некоторое время после этого произошел взрыв баллона в помещении квартиры, в результате которого людям были причинены тяжкие телесные повреждения, повлекшие смерть двух человек – хозяев, находившихся в этот момент в квартире. По мнению экспертов, взрыв произошел в результате переполнения СУГ в баллоне при заправке и последующего нагревания

баллона после внесения его в отопляемое помещение квартиры.

К сожалению, приведенный выше пример взрыва СУГ не единичен. В последнее время специалистами ОАО «Гипрониигаз» отмечаются участвовавшие чрезвычайные ситуации с использованием СУГ, связанные, как правило, с безнадзорностью объектов СУГ на базе хранения баллонов и баллонных установок и пренебрежением правилами безопасности при эксплуатации оборудования, работающего на СУГ. Поэтому следует предъявлять более жесткие требования к газобезопасности объектов СУГ, чем к объектам природного газа. При этом очень важно, чтобы персонал объектов СУГ знал основные свойства жидких углеводородов, составляющих смесь СУГ, для того, чтобы при нормировании их расхода была обеспечена максимальная методическая точность расчетов. В этой связи следует отметить, что СУГ – это углеводороды, которые при нормальных условиях (температуре 0°C или 273,15 К и давлении 101325 Па или 760 мм рт. ст.) находятся в газообразном состоянии, а при небольшом повышении давления без снижения температуры переходят в жидкое состояние. Сырьем для производства СУГ являются нефтяные попутные газы, газовый конденсат и нефть.

Качественный состав и свойства СУГ определены стандартами: ГОСТ 27578–87 «Газы углеводородные сжиженные для автомобильного транспорта. Технические условия», ГОСТ 20448–90 «Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия» и ГОСТ Р 52087–2003 «Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия». Приведенные стандарты различаются в основном количеством регламентируемых марок СУГ. В качестве основного стандарта можно рекомендовать ГОСТ Р 52087–2003 [2], в котором приведены требования к большинству выпускаемых марок СУГ, таким как:

- ПТ (пропан технический);
- ПА (пропан автомобильный);
- ПБА (пропан-бутан автомобильный);
- ПБТ (пропан-бутан технический);
- БТ (бутан технический).

Применение сжиженного пропана, бутана и их смесей зависит от массовой доли каждого из компонентов в смеси СУГ и макроклиматического района (умеренного и холодного) для летнего и зимнего периодов соответственно.

Говоря о свойствах СУГ, следует отметить, что они являются насы-

щенными (кипящими) жидкостями при наличии свободной поверхности жидкой фазы. При этом всегда возникает двухфазная система «жидкость – пар». В связи с чем СУГ транспортируют и хранят в закрытых сосудах (цистернах, резервуарах, баллонах и др.) или газопроводах в жидком состоянии под давлением, которое соответствует упругости их паров при данной температуре. Также важно знать, что ускоренный отбор паров СУГ из сосуда при определенных условиях может привести к понижению температуры жидкой фазы и давления паров в сосуде (при равных условиях отбор жидкой фазы СУГ не снижает давление паров в сосуде).

Отличительной особенностью СУГ от обычных нефтепродуктов являются большие коэффициенты объемного термического расширения, что непосредственным образом (а в ряде случаев опасным, как в приведенном выше примере взрыва баллона в Орловской области) сказывается на плотности СУГ. При повышении наружной температуры жидкая фаза значительно расширяется, поэтому при заполнении сосудов СУГ оставляют свободное пространство – примерно 15% вместимости сосуда. В свою очередь, вязкость СУГ очень мала, что существенно облегчает их транспортировку по трубопроводам. При утечках диффузия СУГ в атмосферу происходит медленно (только при большой скорости ветра смешение паров СУГ и воздуха ускоряется).

Как следует из вышеизложенного, российскими стандартами под продуктами СУГ понимаются сжиженные пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}) и их смеси, в которых в небольших количествах могут присутствовать газовые примеси в виде этана (C_2H_6), метана (CH_4), этилена (C_2H_4) и других углеводородов. В первую очередь это обусловлено достаточно высокой температурой кипения при атмосферном давлении сжиженного пропана, что позволяет хранить как сам пропан, так и пропан-бутановую смесь в сжиженном состоянии в диапазоне эксплуатационных температур от $-42,1^\circ C$ до $+45^\circ C$ при относительно низком давлении (до 1,6 МПа) [3]. Для сравнения: температура кипения, при которой бутан пе-



АГЗС (Нижегородская область, смонтированная ООО «Еврогалс»)

реходит из жидкого состояния в газообразное, составляет всего $-0,5^{\circ}\text{C}$ [3]. Эти свойства следует учитывать, так как согласно ГОСТ Р 52087 [2] и другим ранее перечисленным стандартам по СУГ, избыточное давление насыщенных паров СУГ при температуре $+45^{\circ}\text{C}$ должно быть не более 1,6 МПа. Исходя из этого стальные сварные баллоны, подземные и надземные резервуары, сосуды автоцистерн для СУГ рассчитываются на рабочее давление не более 1,6 МПа.

Вот далеко не полный, но основной перечень свойств СУГ, которые следует знать и учитывать для обеспечения безопасности и правильного обращения с этими газами. Более полное и детальное описание всех свойств СУГ можно найти в специальной литературе, например, в [3] и др. В то же время уже на основании приведенных выше физических и термодинамических свойств СУГ с уверенностью можно сделать вывод о том, что некоторые параметры СУГ являются определяющими при решении многих вопросов безопасности при транспортировке, хранении, распределении, использовании, а следовательно, и нормированного учета этого вида газового топлива. Кроме компонентного состава, к таким параметрам относятся прежде всего плотность и упругость паров СУГ. Следовательно, при расчетах количества СУГ определение объема и плотности СУГ является основным условием их объективного учета, главным образом, в коммерческих расчетах.

Однако на показатели количества СУГ оказывают влияние, кроме прочего, способ их хранения и методы учета.

Учет СУГ при приеме, хранении и отпуске необходимо вести²:

■ в железнодорожных цистернах, автоцистернах;

■ в резервуарах базы хранения газонаполнительных станций (ГНС), газонаполнительных пунктов (ГНП), автогазозаправочных станций (АГЗС);

2 В настоящей статье не рассматриваются варианты учета СУГ, когда они хранятся в контейнерах, а также если СУГ подаются с нефтеперерабатывающего завода по трубопроводу.



Технологическая система ТС «Еврогалс»

■ в резервуарных установках и баллонах.

Для учета СУГ при приеме, хранении и отпуске применяют, как правило, следующие основные методы:

1) массовый – при определении массы на весах, в кг и т;

2) объемно-массовый – при определении массы по объему и плотности при фактической температуре и данному компонентному составу, в м^3 и т.

Измерение массы СУГ при массовом методе производится на специальных весах различной грузоподъемности. При этом определяется масса порожнего сосуда, затем – масса этого же сосуда, но уже заполненного на 80-85% СУГ. После этого из массы заполненного СУГ сосуда вычитается его порожняя масса и определяется фактическая масса СУГ, залитая в сосуд.

Определение массы СУГ при объемно-массовом методе выполняется в следующем порядке:

■ с помощью уровнемеров, объемных счетчиков или других приборов определяется уровень (объем) СУГ в сосудах (резервуарах);

■ по известному уровню наполнения и типу сосуда объем, занимаемый СУГ (жидкой фазой), определяется по специальным градуировочным таблицам;

■ по компонентному составу, указанному в паспорте (накладной) на СУГ или определенному хроматографическим методом, и при фактической температуре определяется плотность СУГ на объекте;

■ по известным плотности и объему, занимаемому СУГ в сосуде, находится масса СУГ, залитая в сосуд.

Количество СУГ, отпускаемых в баллонах и автоцистернах, определяется массовым методом, в железнодорожных цистернах при отсутствии железнодорожных весов – объемно-массовым методом. Прием СУГ при поступлении их в железнодорожных цистернах при отсутствии железнодорожных весов выполняется также по накладным поставщика.

Таким образом, все операции по купле-продаже СУГ производятся исходя из единицы его массы.

Массу СУГ – m , кг, вычисляют по формуле

$$m = \rho \cdot V, \quad (1)$$

где ρ – плотность СУГ при данной температуре, $\text{кг}/\text{м}^3$; V – объем, занимаемый СУГ в сосуде, м^3 .

Целесообразно отметить, что если при массовом методе погрешность определения массы СУГ сведена к погрешности применяемых весов (то

есть к минимуму), то при объемно-массовом методе на точность определения массы СУГ, как было отмечено выше, кроме компонентного состава СУГ, существенное влияние оказывают прежде всего плотность, имеющая температурную зависимость, и упругость (давление) паров СУГ, которая, в свою очередь, зависит от температуры жидкой фазы СУГ и процентного соотношения компонентов, составляющих жидкую смесь. Перераспределение СУГ между жидкой и паровой фазами, вызываемое изменением температуры или состава, приводит к некоторому изменению массы. Следовательно, эффективный учет СУГ без достаточно точного измерения плотности невозможен.

Изменение плотности отдельных углеводородов, входящих в состав СУГ, может быть подсчитано по известным термодинамическим и эмпирическим зависимостям, а также посредством специальных приборов. Для коммерческих расчетов плотность индивидуальных углеводородов в жидком состоянии в зависимости от температуры следует принимать по таблице 1 ГОСТ 28656 [4].

Плотность СУГ ρ , кг/м³, вычисляется по формуле [4]

$$\rho = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{\rho_i}}, \quad (2)$$

где X_i – массовая доля i -го компонента, %;

ρ_i – плотность i -го компонента при данной температуре, кг/м³;

n – число компонентов сжиженного газа.

Результат вычисления плотности СУГ округляют до третьей значащей цифры [4].

Содержанием газовых примесей при расчете плотности СУГ, как правило, пренебрегают и принимают их в среднем в количестве 3%.

Казалось бы, располагая данными о химическом составе смеси СУГ и плотности ее компонентов при различной температуре, для вычисления плотности СУГ остается лишь подставить все исходные данные в формулу (2), и задача по определению массы СУГ в сосуде будет решена. На первый взгляд, конечно, это так. Но откуда

тогда возникают погрешности учета СУГ в процессе проведения сливно-наливных операций? Ответ на этот вопрос очевиден – источником погрешности является отсутствие учета массы паровой фазы СУГ.

Как было отмечено выше, СУГ это система, состоящая при определенных условиях из двух фаз – жидкой и паровой. А это значит, что каждому физическому состоянию СУГ соответствует определенная масса. Масса паровой фазы смеси СУГ зависит от объема, который она занимает в сосуде, давления и компонентного состава СУГ и может достигать 5% и более от массы жидкой фазы в сосуде при максимальном заполнении. Поэтому масса СУГ в сосуде должна рассчитываться как сумма масс жидкой и паровой фаз. В этом случае по уровню вычисляется объем паровой и жидкой фаз СУГ, после чего масса жидкости вычисляется как произведение объема жидкой фазы на измеренное значение плотности жидкости, а масса пара – как произведение объема паровой фазы на измеренное значение плотности пара.

В связи с вышеизложенным целесообразно после слива жидкой фазы СУГ из сосуда (цистерны, резервуара и др.) откачать по возможности паровую фазу СУГ до избыточного давления 0,05 МПа [5] и учесть ее при

определении количества слитого газа из данного сосуда [6]. Выполнение этого условия позволит свести к минимуму риск возникновения погрешности при учете СУГ в процессе проведения сливно-наливных операций и, следовательно, обеспечить наиболее эффективную организацию учета СУГ с точностью, приемлемой для коммерческих расчетов.

Таким образом, проведенный анализ показал, что СУГ относится к одному из наиболее востребованных в России и в мире энергоносителей, который может служить, кроме прочего, резервным топливом для потребителей природного газа при пиковых нагрузках в газораспределительных сетях или в случае аварийного прекращения газоснабжения. А от правильности организации учета СУГ зависят как газобезопасность объектов СУГ, так и рентабельность бизнеса по выработке, хранению, транспортировке и продаже СУГ.

В дополнение к вышеизложенному следует отметить: несмотря на то, что российскими стандартами под продуктами СУГ понимаются в основном сжиженные пропан, бутан и их смеси, правильнее будет говорить, что к сжиженным газам относятся все сжиженные углеводороды. Различать сжиженные газы следует по принципу, какой газ сжимается [7].



Резервуары для СУГ (емкость 10 м³ каждый)

Так, например, помимо перечисленных в [2] марок СУГ, промышленностью выпускается многокомпонентная смесь углеводородов с преобладающим содержанием метана – СПГ (сжиженный природный газ). СПГ получают при охлаждении или под давлением, сырьем для его получения является природный газ.

Поэтому при переводе СПГ в газообразное состояние его свойства соответствуют свойствам природного газа по ГОСТ 5542–87 «Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия». В настоящее время в России нет государственных стандартов на СПГ, а единственным нормативно-техническим документом, регламентирующим его применение, являются ПБ 08-342-00 «Правила безопасности при производстве, хранении и выдаче сжиженного природного газа (СПГ) на газораспределительных станциях магистральных газопроводов (ГРС МГ) и автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС)» [7]. Тем не

менее, «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года» [8] предусматривает диверсификацию товарной структуры экспорта энер-

гоносителей за счет увеличения в экспорте доли энергетических продуктов с высокой добавленной стоимостью – в основном СПГ и др.

Литература

1. Технический паспорт газового хозяйства Российской Федерации по состоянию на 01.01.2007, ОАО «Газпром», ОАО «Промгаз». – М., 2007. – 543 с.
2. ГОСТ Р 52087–2003. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия: – Введ. 2003-06-30. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.
3. **Стаскевич Н.Л., Вигдорчик Д.Я.** Справочник по сжиженным углеводородным газам. – Л.: Недра, 1986. – 543 с.
4. ГОСТ Р 28656–90. Газы углеводородные сжиженные. Расчетный метод определения плотности и давления насыщенных паров: – Введ. 1991-07-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2000. – 10 с.
5. Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы (ПБ 12-609-03). Серия 12. Выпуск 6. – Колл. авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 104 с.
6. Руководящий документ «Методика учета сжиженных углеводородных газов», Саратов, Гипрониигаз, 1988. – 90 с.
7. **Рачевский Б.С.** Сжиженные углеводородные газы. – М.: Нефть и ГАЗ, 2009. – 640 с.
8. «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года», утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 №1715-р.



ВІТКОВИЦЕ
VITKOVICE CYLINDERS a.s.

Мировой лидер производства бесшовных стальных баллонов высокого давления для различного применения. Поставщик широкого ряда баллонов для сжатого натурального газа (CNG) и заправочных станций.

CNG баллоны

- производство цельнотянутых баллонов из заготовки (брусков)
- баллоны CNG облегченные с внешним диаметром до 406 мм
- соотношение емкость/вес 1 литр/0,9 кг
- соответствие стандартам ISO 11439; ECE R 110; NZS 5454; Sovenin 3226; ГОСТ 9731-79; ГОСТ 51753-2001
- Заводы-производители в Чехии, Польше, Аргентине

CNG газозаправочные станции

- для индивидуального пользования
- для производственного пользования
- для коллективного пользования

Применение баллонов

- для стационарных и мобильных систем (PED, TPED or ADR)
- рабочее давление 200, 250, 300, 330 бар и выше
- емкость несколько тысяч литров

VITKOVICE CYLINDERS a.s. tel. + 420 596 621 fax. + 420 596 664 629
Czech Republic, Europe e-mail: cng@vitkoviccylinders.cz
www.vitkoviccylinders.com

Представитель в России, член Национальной Газомоторной Ассоциации
ООО «EXITON GROUP», Москва, тел.(495) 781-26-85, факс (495) 781-26-96
E-mail: exitongroup@gmail.com

Компания «Honda» проводит испытания станции водородной заправки

Компания «Honda» продолжает разработку и исследования инновационных экологических технологий, которые уже в обозримом будущем смогут значительно повлиять на снижение выбросов CO₂ от автомобилей.

Внаучно-исследовательском центре компании «Honda» в Лос-Анджелесе (США) начались испытания прототипа водородной энергетической станции на солнечных батареях нового поколения, результатом которых должна стать дальнейшая реализация данного устройства в качестве домашней заправочной станции, способной зарядить топливные элементы электромобиля водородом за одну ночь.

Водородная станция компании «Honda» специально разработана для удовлетворения потребности будущих владельцев электромобилей на топливных элементах в альтернативном моторном топливе, а также для применения в будущей сети быстрых водородных заправочных станций. К примеру, одно из самых передовых транспортных средств в мире электромобиль на топливных элементах Honda FCX Clarity после недолгой заправки на этой станции способен пройти расстояние в 460 км (по Европейскому циклу движения). А если в пути представится возможность использовать водородные станции для кратковременных дозаправок в течение 5 мин, то FCX Clarity из автомобиля с ограниченной сферой применения превращается в полноценный крузер, удовлетворяющий потребности большой семьи в ежедневных длительных поездках.

Разрабатывая водородную станцию на солнечных батареях для домашнего использования, инженеры компании «Honda» воплотили идею нового высокоэффективного стиля жизни с точки зрения экологической чистоты и удобства эксплуатации высокотехнологичных средств. Водородная станция компании «Honda» на солнечных батареях безусловно

повысит заинтересованность частных лиц в использовании водорода как источника энергии для электромобилей – основных средств передвижения в обозримом будущем. Комбинация электромобиля на топливных элементах и водородной станции на солнечных батареях усилит интерес общества к использованию возобновляемой энергии, которая обещает значительное сокращение выбросов CO₂ и способствует повсеместному формированию экологических источников энергии.

Спроектированная в виде компактного мобильного устройства, водородная станция на солнечных батареях компании «Honda» свободно размещается в обычном гараже, демонстрируя эффективную производительность, достаточную для зарядки электромобиля на топливных элементах с дневной нормой потребления водорода 0,5 кг за 8 ч.

Водородные заправочные станции предыдущего поколения требовали одновременное применение электролизера воды и отдельного компрессора для выработки водорода высокого давления. При этом компрессор был самым громоздким и дорогостоящим компонентом, снижавшим эффективность всей системы. Благодаря созданию нового электролизера высокого давления инженеры компании «Honda» полностью избавились от необходимости применения компрессора и представили первую в мире систему подобного типа для домашнего использования. Это высокотехнологичное решение позволило также уменьшить размер других ключевых компонентов и сделать систему самой компактной в мире, одновременно увеличив ее эффективность

более чем на 25% (данные установлены на основе предварительных испытаний) в сравнении с водородной станцией на солнечных батареях предыдущей версии.

Полностью совместимая с интеллектуальной коммуникационной магистралью Smart Grid (концепция внедрения цифровых средств между отдельными компонентами электрических сетей) водородная электростанция на солнечных батареях компании «Honda» позволит пользователям заряжать свои автомобили в течение ночи без необходимости хранить водородное топливо, что сократит вредные выбросы CO₂ за счет использования более дешевой электроэнергии. В часы наибольших нагрузок на электросеть в дневное время водородная электростанция на солнечных батареях будет снабжать сеть регенеративной электроэнергией без всякого дополнительного отбора мощности, что в комплексе гарантирует чрезвычайную выгоду для потребителя.

Удобная в использовании система позволяет легко устанавливать и убирать заправочный шланг, без необходимости сматывать его после использования станции.

За 8 ч, на которые рассчитан период заряда топливных элементов электромобиля, электростанция для домашнего пользования пополняет запасы водорода, достаточные для полноценной езды в течение дня, удовлетворяя таким образом потребности среднестатистического водителя в топливе. Как и в случае со станцией предыдущего поколения, чистота водорода, вырабатываемого на новой установке, соответствует самым высоким нормативным требованиям SAE (J2719) и ISO (14687).

Новая водородная станция, как и предыдущая, оснащена солнечной батареей с 48 панелями с общей отдачей в 6 кВт. Батарея состоит из тонкопленочных фотоэлементов от дочернего предприятия «Honda Soltec Co., Inc», в состав которых входит медь, индий, галлий и селен (CIGS). В сравнении с традиционными фотоэлементами уникальные технологии компании «Honda» существенно сокращают выработку CO₂ во время производства.

<http://www.delfi.ua/news/auto/auto/honda-provodit-ispytaniya-vodorodnoj-zapravki.d?id=822361>

Новая концепция применения спиртов в качестве альтернативного моторного топлива

В.И. Ерохов, профессор МГТУ «МАМИ», д.т.н.

В статье изложена современная методология применения спиртов в качестве моторного топлива. Предложен показатель парникового эффекта топлива. Изложены результаты испытаний двигателей при работе на спиртах, а также механизм образования сажи при использовании спиртов. Приведены методы расчета параметров систем подачи спиртов и стратегия нормирования выбросов CO_2 . Применение спиртов сокращает выброс парникового газа в два с лишним раза. Разработана концепция применения спиртов в бензиновых двигателях и дизелях.

Ключевые слова: биотопливо, показатель парникового эффекта, парниковые газы, метиловый и этиловый спирты, нормирование парниковых газов, эффективность биотоплива.

The new concept of application of spirits as motor fuel

V.I. Erokhov

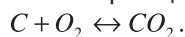
The modern methodology of application of spirits as motor fuel is stated. The parameter of a hotbed effect of fuel is offered. Results of tests of engines are stated at work on spirits. The mechanism of formation{education} of soot is stated at use of spirits. Methods of calculation of parameters of systems of submission of spirits are resulted{brought}. Strategy of normalization of emissions CO_2 is resulted{brought}. Application of spirits reduces emission of hotbed gas in two with superfluous time. The concept of application of spirits in petrol engines and diesel engines is developed.

Keywords: biofuel, a parameter of a hotbed effect, hotbed gases, methyl and ethyl spirits, normalization of hotbed gases, efficiency of biofuel.

Развитие современного двигателя строения предопределяется достаточной обеспеченностью первичными энергоресурсами и уровнем их экологических характеристик. Мировые запасы минерального сырья (нефти) для производства жидкого моторного топлива неизбежно сокращаются.

Планируемая с 2012 г. норма выброса парниковых газов CO_2 135 г/км, а в недалеком будущем 90 г/км требует принципиально новых технических решений. Выброс CO_2 пропорционален расходу топлива и содержанию в

нем углерода. Образование CO_2 происходит в соответствии с известной химической реакцией



При полном сгорании 1 кг углерода в результате химической реакции выделяется 3,67 кг диоксида углерода. Важным условием является применение энергоносителей с низким содержанием углерода в базовом топливе. Применение спиртов, содержащих в два раза меньше углерода, или метанола заметно снижает выброс CO_2 . Применение спиртов целесообразно рассмотреть с учетом складывающейся

экологической ситуации. Эффективность применяемого биотоплива можно оценить с помощью предложенного показателя парникового эффекта топлива

$$K_{\text{нзм}} = \frac{C_{\text{сп}}}{C_{\text{бт}}},$$

где $K_{\text{нзм}}$ – показатель экологической эффективности топлива; $C_{\text{сп}}$ – концентрация углерода в спирте, %; $C_{\text{бт}}$ – концентрация углерода в базовом топливе, %.

Показатель парникового эффекта топлива $K_{\text{нзм}}$ изменяется в пределах от 0 до 1% (при 1% содержание углерода достигает – 100 %).

Целью данной работы является разработка современной концепции применения спиртов в бензиновых и дизельных двигателях. В задачу входит определение эффективности производства и применения спиртов, оценка особенности их применения в дизелях и бензиновых двигателях.

Спирты представляют собой простейшие органические соединения, содержащие в молекулах одну или нескольких гидроксильных групп ОН. В зависимости от числа этих групп спирты подразделяются на одноатомные, двухатомные и многоатомные. Метанол обладает высокой морозостойкостью. Компонентный состав таких смесей может быть представлен добавкой воды в количестве 5-8% и метанола 10-12%. Использование метанола в сложной смеси позволяет понизить температуру замерзания водной фазы.

Метиловый спирт (метанол) имеет высокое октановое число (ОЧ) и высокий уровень пожароопасности. Он плохо растворяется в бензине. Для предупреждения расслоения смесей добавляют поверхностно-активные спирты-стабилизаторы в виде бутанола и пропанола. Метанол в виде присадки к бензинам оказывает сложное физико-химическое влияние на детонационную стойкость горючей смеси. ОЧ бензометанольной смеси находится в сложной зависимости в сравнении со смесью изооктана и гептана, имеющей пропорциональную зависимость. Высокое ОЧ исходного бензина снижает эффект применения

метанола. Температура отработавших газов (ОГ) двигателей при работе на бензометанольной смеси на 30-60°C ниже в сравнении с базовыми ДВС.

Применение метанола в качестве топлива сопровождается повышенным износом ЦПГ, вызванным попаданием его капель на стенки цилиндра и разрушением смазывающей пленки масла. Для преодоления этого недостатка используют предварительно испаренный метанол [1-3]. Метиловый спирт смешивается во всех соотношениях с водой и большинством органических растворителей. Наиболее простой способ применения метанола – в качестве компонента бензина, к которому он добавляется в количестве 5-30% (по массе).

Этиловый спирт (этанол) (C_2H_5OH) представляет собой бесцветную подвижную жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом винного спирта. Этанол имеет высокое ОЧ, обеспечивающее эффективность его применения на АТ.

Бутиловый спирт (C_4H_9OH) представляет собой бесцветную жидкость со спиртовым запахом. Синтетический бутиловый спирт получают из синтез-газа (смеси СО и H_2) в присутствии катализатора.

Спирты обладают высоким ОЧ, имеют меньшую теплотворную способность, низкую упругость паров и температуру кипения в сравнении с бензином. Максимальная скорость горения паровой смеси спирта составляет 0,572 м/с.

Применение метанола обеспечивает расширение пределов эффективного обеднения топливно-воздушной смеси и эффективную работу двигателя на смесях в границах устойчивой работы $\alpha = 1,06-1,10$. Большая теплота испарения сопровождается значительным охлаждением топливовоздушного заряда. Добавка 3-5% метанола к бензину практически не влияет на мощностные и экономические характеристики, но позволяет замещать часть базового топлива и работать на бензине с несколько меньшим ОЧ. В этом случае стабилизатор метанольно-бензиновой смеси (например, изобутиловый спирт) можно исключить.

Малое цетановое число (ЦТ) спиртов характеризует низкие показатели самовоспламенения, вызывающие необходимость использования запальной дозы ДТ. Низкая температура кипения спиртов увеличивает риск возникновения паровых пробок в топливопроводах. Смесь воздуха со спиртом над поверхностью жидкого топлива в баке находится в пределах воспламеняемости. При температуре -20°C доля топлива в воздухе для метанола составляет 1%, а при температуре +40°C достигает 35%. Практические пределы воспламеняемости смеси метанола с воздухом составляют 6,7-35% в пределах температур 9-40°C.

Спирты имеют меньшую в сравнении с бензином теплотворную способность, низкую упругость паров и температуру кипения. Теплота сгорания метанола 24 МДж/кг и заметно меньше в сравнении с бензином (44 МДж/кг). Для сохранения эксплуатационных качеств расход метанола должен быть существенно увеличен.

Экологические свойства спиртов

Метиловый спирт наркотически воздействует на центральную нервную систему. Прием его внутрь организма в количестве 5-10 мл опасен для жизни и приводит к тяжелому отравлению, а 30 мл приводят к смерти. Метанол можно хранить и транспортировать в емкостях различными способами, аналогичными бензину. Порог восприятия запаха метанола составляет 30-50 мг/дм³.

Действие паров метанола выражается в раздражении оболочек глаз и более высокой подверженности заболеваниям верхних дыхательных путей, головной боли и расстройстве зрения. Метанол может проникать в организм через неповрежденную кожу.

Этанол представляет собой наркотическое вещество и вызывает алкогольное возбуждение. Применение этанола в больших дозах угнетает функции центральной нервной системы. Он хорошо смешивается с водой, эфиром, ацетоном в любых пропорциях.

Производство спиртов

Первоначально получение метилового спирта было связано с сухой перегонкой древесины. Впервые метанол был обнаружен в древесном спирте в 1661 г., но лишь в 1834 г. был выделен из продуктов сухой перегонки древесины. Метиловый спирт до 20-х гг. прошлого столетия получали как побочный продукт сухой перегонки древесины.

Мировое производство метанола в последние годы составляет свыше 20 млн. т в год. Сырьем для современного производства служит природный, коксовый и другие углеродсодержащие газы, из которых получают смесь СО и H_2 в соотношении 1:2. Впервые метод синтеза метанола из СО и H_2 разработан в 1913 г. Синтетический способ получения метанола протекает на цинк-хромовом катализаторе при давлении 25-35 МПа и температуре 380°C. Промышленный масштаб получения метанола осуществлен в 1923 г. в Германии.

История развития отечественного промышленного синтеза метанола началась в 1934 г. выпуском 30 т/сут. метанола на двух небольших агрегатах Новомосковского химического комбината. Сырьем для производства метанола служат природный газ (ПГ), нефтяные фракции, кокс и уголь. Процесс получения метанола основан на взаимодействии H_2 и СО путем каталитического гидрирования СО синтез-газа (смесь СО и H_2).

В послевоенный период было построено несколько установок производительностью 25-30 тыс. т в год. Технология производства метилового спирта проста и не требует чрезмерных затрат. Метанол получают путем каталитической гидрогенизации СО под высоким давлением экзотермической реакции

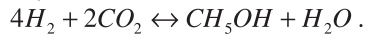


Катализатором служит смесь оксидов цинка и хрома с добавкой графита и воды. Более перспективен способ получения метанола из ПГ, состоящего почти на 100% из метана. Для получения спирта можно применять любой газ, содержащий СО и H_2 . Суммарная реакция получения метанола

на основе синтез-газа представлена уравнением

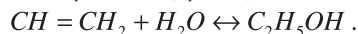


В последние годы разработана технология получения этилового спирта из метилового, а также путем прямой конверсии синтез-газа



Для получения 1 т спирта требуется 1,5 т угля, а стоимость его производства по действующим технологиям на 20% выше. В ближайшее время технологические способы производства спиртов из угля станут конкурентоспособными. При производстве метилового спирта из древесины (с выходом 1 т из 2,2 т исходного сырья) его стоимость близка к стоимости метилового спирта, полученного при переработке угля, но значительно выше, чем при использовании газа.

В 1930-50 гг. разработано несколько способов синтеза этилового спирта из химического сырья. Перспективен промышленный метод получения этанола путем частичного окисления метана водой. Современный способ получения этанола связан с одностадийной прямой гидратацией этилена



Химическая реакция получения этанола протекает на фосфорно-кислотном катализаторе при 280-300°C и давлении 0,72-0,83 МПа. Этанол получают также на основе биологических процессов из сахарного тростника, свеклы, зерновых и других растительных культур.

Существующие мощности производства метанола базируются на традиционных технологиях. На первой стадии представляется паровая, парокислородная или углекислотная конверсия метана в присутствии катализатора при температурах 700-900°C и давлении 2-3 МПа. На второй стадии осуществляется конверсия полученного синтез-газа в метанол в каталитических реакторах или проводится процесс Фишера-Тропша с получением моторных топлив дизельной группы.

Мировое производство синтетического этанола превышает 2,5 млн. т в год. В ряде стран широкое применение в качестве моторного топлива получил газохол – смесь бензина с

этанолом, полученным ферментацией различных сельскохозяйственных культур. В ближайшем будущем в нашей стране этанол не получит широкого применения из-за относительно высокой его стоимости и известных преимуществ других видов альтернативного топлива.

Применение спиртов в ДВС с принудительным воспламенением

В Германии с 1930 г. в бензин добавляли 5% этанола, а с 1932 г. уже 10% этанола. Начиная с 1936 г. в качестве смесового состава топлива применяли метанол с этанолом.

Использование метанола в качестве топлива позволяет существенно обеднять горючую смесь. Применение метанола в смеси с бензином позволяет использовать серийную аппаратуру бензинового двигателя с минимальной степенью модернизации. Пластмассовые детали, соприкасающиеся с метанольной смесью, необходимо заменить на более стойкие элементы. При добавке к бензину 15% метанола и одновременного увеличения степени сжатия мощность ДВС увеличивается на 8-10%. Улучшение смесеобразования повышает экономичность работы ДВС на малых и средних нагрузках на 7 и 3% соответственно. На больших нагрузках расход топлива уменьшается на 1,5-2,0%. При неизменных дозирующих элементах системы питания происходит обеднение горючей смеси до 10%. Небольшие конструктивные изменения связаны с установкой жиклеров увеличенной производительности на 10-15%.

Введение метанола повышает ОЧ на 3-8 ед. для 15%-ной добавки метанола, что позволяет компенсировать ухудшение энергетических показателей за счет повышения степени сжатия. Применение метанола улучшает процесс сгорания топлива из-за образования радикалов, активизирующих цепные реакции окисления. Добавка метанола сокращает период задержки воспламенения и продолжительность сгорания топлива. Теплоотвод из зоны реакции горения снижается, а предел обеднения смеси

расширяется и становится максимальным для чистого метанола.

При работе двигателя на метаноле снижается тепловая напряженность деталей ЦПГ, уменьшается закоксовывание и образование нагара ЦПГ, увеличивается срок службы масла. Недостаток способа связан с невозможностью работы топливной системы на непрогретом ДВС и опасностью конденсации метанола на стенках впускного трубопровода (ВТ), сопровождающейся повышенным износом ЦПГ.

Испытание автомобиля «Волга» ГАЗ-3110 на бензо-метанольной смеси БСМ-15, состоящей из 78% бензина А-76, 7% изобутана и 15% метанола обеспечивает снижение расхода бензина на 14% в сравнении с бензиновым вариантом (А-76). Попадание воды в бензиновую метанольную смесь сопровождается ее расслоением. Высокая теплота испарения обеспечивает возможность повышения коэффициента наполнения и применения высокой степени сжатия. Антидетонационный эффект добавки метанола в бензин выше в сравнении с простым подмешиванием высокооктанового топлива. Подобный эффект можно объяснить легкостью разложения метанола в двигателе при высоких температурах.

При добавлении к бензину 15% метанола и одновременном увеличении степени сжатия мощность двигателя увеличивается на 8-10%. Содержание СО в этом случае понижается до 40-50%, но при некотором увеличении содержания NO_x. Применение бензиновой метанольной смеси, содержащей 15% спирта, не требует существенных конструктивных изменений ДВС и его систем. Изменение конструкции связано с установкой жиклеров увеличенной на 10-15% пропускной способности. При ε = 8,6, n = 2000 мин⁻¹ для смеси М20 (20% метанола) в области α = 1-1,3 эффективный КПД повышается на 3%, мощность на 3-4%, а расход топлива увеличивается на 8-10%. Добавки метанола к бензину способствуют снижению выбросов СО и NO_x на 38 и 8% соответственно.

При работе ДВС на спирте расход топлива увеличивается из-за его

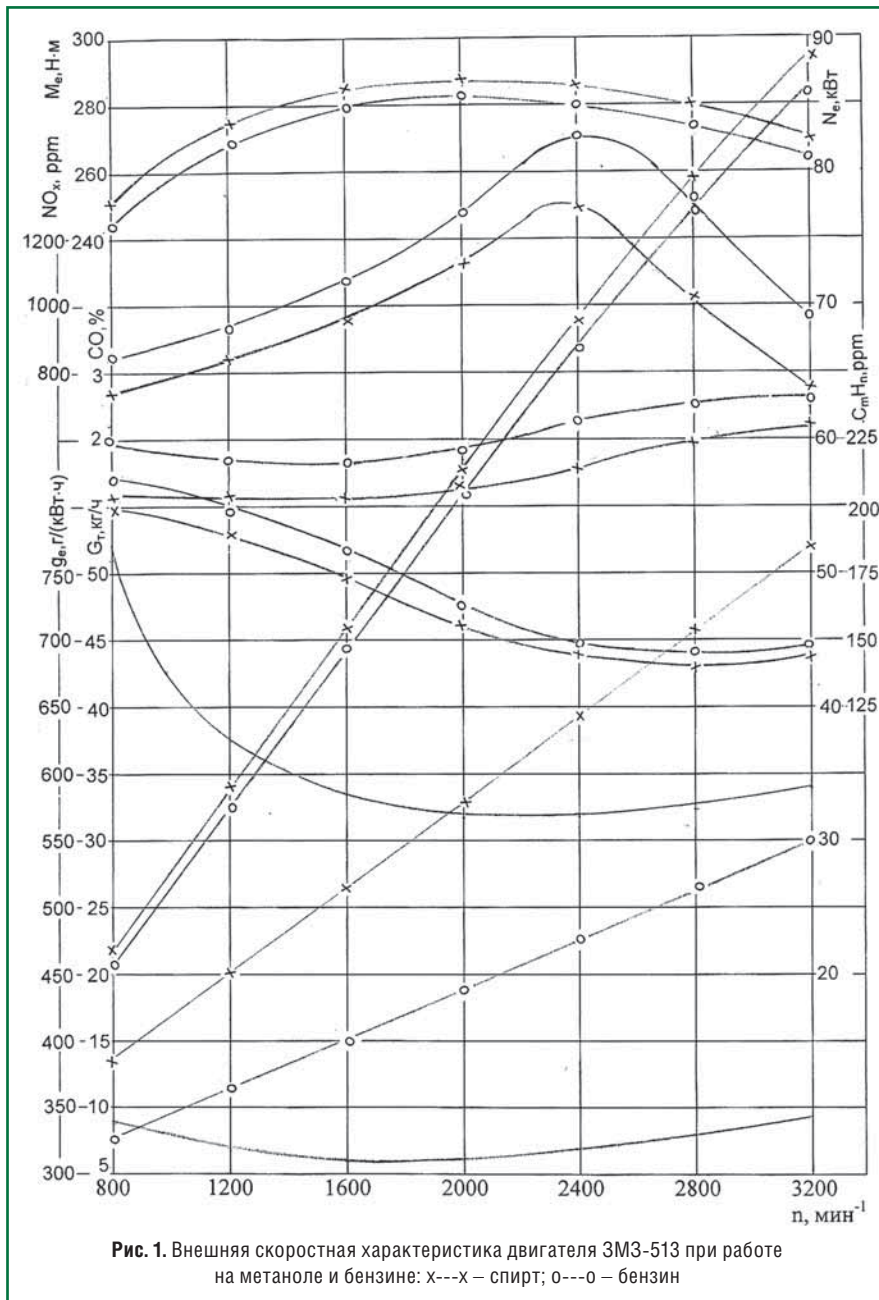


Рис. 1. Внешняя скоростная характеристика двигателя 3МЗ-513 при работе на метаноле и бензине: x---x – спирт; o---o – бензин

низкой теплотворной способности: этанола – на 66%, метанола – на 120%. Для сохранения запаса хода автомобиля необходимо увеличить вместимость топливного бака, проходные сечения топливных трубопроводов и размеры поплавковой камеры.

Высокая теплота испарения спиртов сопровождается образованием

конденсата на электродах свечей. Холодный пуск вызывает затруднение. Для облегчения запуска применяют высокооктановые бензины или эфиры, а затем переходят на спирт. Целесообразно применение более холодных свечей зажигания. Низкое давление насыщенных паров и высокая теплота испарения спиртов

Таблица

Сравнительная оценка ОГ на различных видах моторного топлива

Топливо	Вредные примеси, г/км				Расход топлива, л (кг)/100 км
	CO	C _m H _n	NO _x	CO ₂	
Бензин	57,0	6,2	6,9	338	15,0/10,8 кг
БСМ-15	50,0	5,6	6,2	318	16,1/12,2 кг
Метанол	35,5	4,2	5,8	246	22,5/18,0 кг

практически исключают запуск карбюраторных двигателей при температуре ниже +10°C. Улучшение пусковых качеств спирта обеспечивают путем добавки 4-6% изопентана или ДМЭ, обеспечивающих пуск холодного двигателя при температуре от -20°C до 25°C.

Различие плотности бензина и метанола и высокая растворимость последнего в воде приводят к расслоению и осаждению водно-метанольной фазы. Склонность к расслоению усиливается с понижением температуры, увеличением концентрации воды и уменьшением содержания ароматических соединений в бензине. При содержании от 0,2 до 1,0% воды в смеси температура расслоения повышается от -20°C до +10°C.

Внешняя скоростная характеристика двигателя 3МЗ-513 при работе на метаноле и бензине приведена на рис. 1. Использование метанола сопровождается увеличением эффективного КПД двигателя и его мощности, но ведет к ухудшению топливной экономичности. При работе ДВС со степенью сжатия, равной 8,5, на метаноле мощностные показатели возросли на 4%, а расход топлива в весовом отношении возрос в два раза.

В дорожных условиях массовый расход метанола автомобиля ГАЗ-33075 при движении с установившейся скоростью 60 км/ч составил 37,5 л/100 км против 25 л/100 км при работе на бензине. Метанол позволяет применять его в качестве топлива без присадок бензина. В этом случае необходимо увеличить подогрев горючей смеси, улучшить пусковые характеристики холодного двигателя, изменить состав смеси. Сравнительные испытания двигателя на бензине и метаноле приведены в таблице.

Уменьшение пропусков зажигания из-за способности двигателя эффективно работать на обедненной до 25% горючей смеси сопровождается снижением температуры ОГ на 100°C, а также позволяет использовать более поздние углы опережения зажигания. Применение метанола в качестве компонента к бензину повышает топливную экономичность на 5-14%,

уменьшает содержание СО в ОГ на 7-14%, понижает температуру ОГ на 5-10% и улучшает динамику автомобиля на 5-7%. Эффективный КПД возрастает при добавке метанола на 35-40%.

Устойчивая работа двигателя на бензиновой метанольной смеси, содержащая 20% метанола, имеет место при изменении α от 1,02 до 1,1. Если увеличить содержание метанола до 50%, то такая смесь станет обедненной, вызывая перебои в работе двигателя из-за пропусков воспламенения. Изменяя α , можно обеспечить состав горючей смеси близким к максимальной воспламеняемости рабочей смеси.

Компонентный состав таких смесей может быть получен добавкой воды 5-8% и метанола 10-12%. В этом случае ОЧ повышается на три пункта. Работа бензинового двигателя на водно-метанольной смеси обеспечивает улучшение топливной экономичности на 3-5%. Содержание метанола в смеси в пределах 4-5% по объему не требует проведения конструктивных мероприятий. Оптимальной величиной является добавка метанола в количестве 10-15% путем коррекции регулировок элементов систем питания.

Смесь бензина, содержащая 15% метанола и 7% изобутилового спирта, добавляемого в качестве стабилизатора, обеспечивает повышение на 6% динамических качеств автомобиля, большую на 3-5% мощность двигателя, меньший выброс NO_x и C_mH_n на 30-35% и 20% соответственно при одновременной экономии бензина до 14%. При работе на такой смеси необходимо увеличить проходные сечения топливных жиклеров на 18-20% и оборудовать систему питания дополнительным сливным трубопроводом, увеличить в два раза вместимость топливного бака, а также уточнить регулировку топливной аппаратуры. Наиболее пригодна бензо-метанольная смесь с содержанием метанола 15 и 30% (БМС-15 и БМС-30) в бензине Аи-95.

Перевод двигателей на чистые спирты позволяет увеличить степень сжатия до 12-14 ед. Применение спиртов обеспечивает высокую детонационную стойкость во всем диапазоне

рабочих смесей. Эффективный КПД возрастает при добавке метанола до 35-40%.

Повышение неравномерности распределения горючей смеси сопровождается уменьшением КПД на 6-7%. Интенсивный подогрев воздуха, поступающего в карбюратор, обеспечивает улучшение показателей работы ДВС на спиртах. Величина 5% неравномерности не влияет на показатели работы двигателя.

При работе на бензо-метанольной смеси температура воздуха должна быть 310-315К, а на чистом метаноле 320-330К. Интенсивность подогрева впускного трубопровода должна быть увеличена в 2-5 раз. Мощность жидкостного подогрева недостаточна для эффективной работы. Применение газового подогрева ВТ обеспечивает эффективность применения метанола [4].

Низкая температура горения спиртов сопровождается снижением выделения NO_x в 1,5-2 раза на единицу расходуемой энергии и топлива в сравнении с бензином. Улучшение полноты сгорания спиртовых смесей сопровождается заметным снижением C_mH_n – в 1,3-1,7 раза. Содержание СО остается на уровне бензина. Выбросы канцерогенных ароматических углеводородов на порядок ниже базового двигателя на бензине.

Выбросы альдегидов при работе на спиртовых смесях в 2-4 раза выше в сравнении с работой на бензине. Для метанола характерен повышенный выброс формальдегида, а при сгорании этанола образуется преимущественно ацетальдегид. Снижение альдегидов обеспечивают путем добавки к спиртам воды (до 5%) и различных присадок к топливу до 0,8%, подогрева воздуха на входе в двигатель.

Широко распространен бензин М85 – (смесь 85% метанола и 15% бензина). Применение чистого метанола создает определенные проблемы при холодном пуске двигателя, поэтому добавляют 15% бензина для повышения пусковых качеств. Топливная смесь М85 имеет ОЧ 100 ед. Более высокое ОЧ обеспечивает плавное сгорание при более высокой степени

сжатия в сравнении с бензином. Более высокая степень сжатия позволяет получить эффективную конструкцию двигателя, в которой можно оптимизировать расход энергии.

Добавка метанола сокращает период задержки воспламенения и продолжительность сгорания топлива. Теплоотвод из зоны реакции снижается, а предел обеднения смеси расширяется и становится максимальным для чистого метанола. Эксплуатационные свойства метанола хорошо проявляются при его использовании в смеси с бензином. Эффективность холодного пуска двигателя при высоком содержании метанола в топливной смеси или пониженных температурах обеспечивается путем электрического подогрева воздуха, топливовоздушной смеси или добавки к топливу летучих компонентов. При содержании воды 600 млн⁻¹ помутнение обычной смеси М15 начинается уже при -9°C, при -17°C смесь расслаивается, а при -20°C наступает практически полная дестабилизация. Добавка 1% изопропанола снижает температуру расслоения почти на 10°C, а добавка 25% сохраняет стабильность смесей М15 даже с низким содержанием ароматических соединений в бензине практически до -40°C в широком диапазоне содержания воды.

Высокая стоимость и ограниченность производства стабилизаторов бензино-метанольных смесей предполагает использование бутанола, пропанола и этанола. Стабилизирующая присадка может быть получена в едином технологическом цикле совместного производства метанола и высших спиртов. Добавка спиртов изменяет фракционный состав базового топлива. В результате усиливается склонность к образованию паровых пробок в топливоподающих магистралях. Для 10% смеси метанола с бензином образование паровых пробок возможно при температуре окружающего воздуха на 8-11°C ниже, чем при использовании базового топлива. Содержание 10-15% метанола не вызывает коррозии стали, латуни и меди, а алюминий окисляется медленно с изменением цвета.

Добавка 2,5-3,0% бутанола обеспечивает устойчивость смеси этанола, содержащего 5% воды, с бензином при температуре до -20°C . Для зимней эксплуатации содержание бензиновых фракций увеличивается до 8-9%. Содержание воды в смеси допускается не более 1%. В смеси М15 из 85% бензиновых фракций содержится не менее 45% ароматических C_mH_n .

Актуальным является оптимальная организация подогрева впускного трубопровода или подогрева входящего воздуха.

Применение метилового спирта в дизелях

Спирты в сравнении с ДТ имеют пониженное самовоспламенение (ЦТ 3-10 ед.). Работа дизеля на смесевых составах может быть реализована без существенных конструктивных изменений двигателя.

Использование спирта в качестве моторного топлива в дизелях возможно благодаря низкой склонности к дымлению (высокое содержание O_2),

высокому ЦЧ и небольшой задержке самовоспламенения. Улучшение экологических показателей дизеля сопровождается улучшением до 5% экономических его показателей в сравнении с работой на ДТ.

Метиловый спирт получил применение в качестве моторного топлива в транспортных дизелях. Испарение метанола со стенок камеры сгорания и его последующее выгорание происходит путем теплоизлучения в результате интенсивного теплового потока в объеме камеры сгорания. Пусковые качества двигателя при работе на трудноиспаряемом метаноле хорошо обеспечиваются до температуры -20°C . Метанол, имея в своем составе кислород, интенсивно выгорает. Образующиеся на стадии быстрого сгорания NO_x в ОГ эквивалентны работе двигателя на ДТ. В составе ОГ практически отсутствует сажа. Очень низкая в них концентрация C_mH_n и CO , сульфаты и твердые частицы отсутствуют.

Метанол улучшает процесс сгорания топлива благодаря образованию

радикалов, активизирующих цепные реакции окисления.

Зависимость содержания выбросов вредных веществ (ВВ) от нагрузочного режима дизеля 24 10,5/12, работающего на метаноле с запальной дозой и ДТ, приведена на рис. 2. Результаты испытаний дизеля показали, что при работе дизеля на метаноле (кривая 2) содержание NO_x снижается в 3-4 раза, что объясняется существенно меньшими скоростями тепловыделения и нарастания давления в дизеле [5].

Для сгорания метанола характерно существенное снижение дымности, равное 40-50% на режимах полной нагрузки. Это обусловлено меньшим содержанием в метаноле углерода и большим содержанием кислорода. При работе дизеля на метаноле с неполной нагрузкой наблюдается некоторое увеличение C_mH_n и CO , в ОГ также повышается содержание CO_2 и альдегидов. Отмечено увеличение эффективного удельного расхода спиртового топлива. На режиме наилучшей экономичности переход с ДТ на метанол сопровождается повышением g_e с 240 до 470 г/кВт·ч, что связано с низкой теплотой сгорания метанола (19,67 против 42,5 МДж/кг у ДТ).

Для сохранения исходных характеристик свойств биодизеля, работающего на спирте, необходимо удвоить подачу топлива. Для сгорания ДТ, обладающего большей теплотой сгорания в сравнении со спиртами, нужно большее количество воздуха, что уравнивает значения теплоты сгорания стехиометрической смеси ДТ и спирта. Метанол и этанол имеют меньшую плотность и вязкость и высокую теплоту испарения в сравнении с ДТ.

Выбросы оксидов серы полностью определяются содержанием серы в топливе. При работе дизеля с подачей спиртов содержание серы в топливе пропорционально величине запальной дозы, так как в составе спирта серы не содержится. На режиме P_{en} при работе на спиртах достигается сокращение C_{SO_2} в 3,3 раза. При работе дизеля без подачи спиртов с ростом P_e увеличивается температура в цилиндре, что приводит к экспоненциальному увеличению скорости образования NO_x .

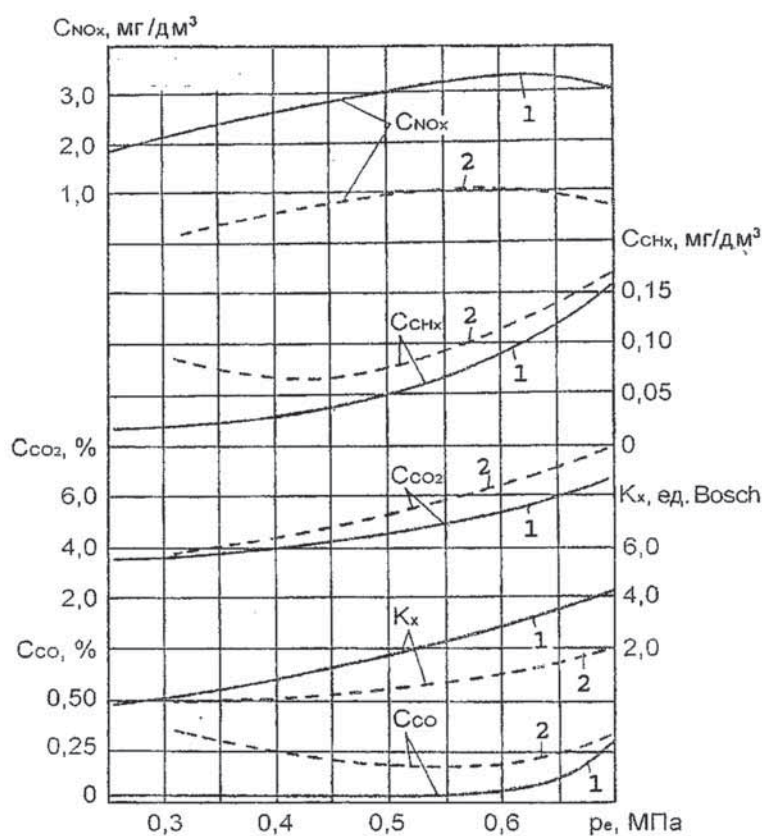


Рис. 2. Зависимость содержания выбросов ВВ от нагрузочного режима при работе на метаноле с запальной дозой и ДТ: 1 – ДТ; 2 – метанол + ДТ; $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$

На больших нагрузках этот рост перекрывается снижением образования NO_x из-за уменьшения концентрации в цилиндре дизеля свободного кислорода из-за снижения α . Низкие значения C_{NO_x} в ОГ исследуемого дизеля 0,5-0,7 г/м³ при работе без подачи спиртов объясняются конструкцией дизеля. В вихрекамерных дизелях начальные стадии сгорания происходят в вихревой камере при значениях α существенно меньше 1,0. Содержание NO_x ограничено недостатком свободного O_2 , а процесс догорания происходит в объеме цилиндра во время расширения при относительно низких температурах.

Снижение C_{NO_x} при подаче спиртов происходит из-за введения части энергоносителя в ВТ и впрыскивания спирта в цилиндр дизеля. Первое мероприятие, приводящее к понижению температуры и увеличению гомогенности заряда, обеспечивает равномерное сгорание. При сгорании метилового спирта повышение концентрации свободного O_2 за счет содержания его в спирте не оказывает решающей роли на образование NO_x в сравнении со значительным снижением температуры. На режимах $P_e/P_{\text{ен}} = 75-100\%$ C_{NO_x} снижается в 3,5-4,5 раза. Метанол имеет большую (до 4,42 раза) скрытую теплоту испарения, являющуюся одной из причин плохого самовоспламенения.

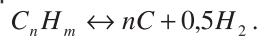
В случае изобутилового спирта концентрационный фактор играет важную роль в сравнении с температурным, и в том же диапазоне P_e имеет место снижение C_{NO_x} на 3-10%. CO , образующийся при сгорании в вихревой камере дизеля без подачи спирта в условиях недостатка кислорода, успевает догореть в цилиндре в процессе расширения при $\alpha > 1$.

Концентрация CO в ОГ невысока и при $P_e/P_{\text{ен}} < 90\%$ колеблется в пределах 0,5-0,7 г/м³. С ростом P_e происходит уменьшение концентрации свободного кислорода, а также из-за роста T увеличивается диссоциация CO_2 , приводящая к возрастанию $C_{\text{CO}} = 2$ г/м³ на режиме $P_{\text{ен}}$. Увеличение выбросов CO на 35 и 15% при подаче метилового и бутилового спиртов соответственно

объясняется кинетикой окисления спиртов, уменьшением скорости выгорания CO из-за понижения температуры процесса.

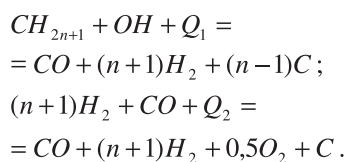
При работе на спиртах на малых P_e общее количество подаваемого в цилиндр энергоносителя велико. Суммарный α_Σ близок к 1, и из-за недостатка O_2 , необходимого для полного окисления топлива, наблюдаются повышенные выбросы CO . По мере роста P_e происходит некоторое увеличение α_Σ , а затем его уменьшение, вызывая понижение и последующий рост C_{CO} .

Содержание сажи в ОГ является результатом протекания двух определяющих процессов – обрыву и окислению сажи. При сильном нагревании (выше 1300-1800К) в зоне КС с недостатком кислорода наблюдается разложение углеводородного топлива с образованием сажи



Разложение метана происходит по формуле $CH_4 \leftrightarrow nC + 2H_2$.

Выделение сажи зависит от процесса ее образования и выгорания. Содержание сажи в значительной степени определяет температура сгорания. При работе дизеля без подачи спирта с увеличением P_e наблюдается пропорциональное росту $t_{\text{ор}}$ увеличение дымности r . Низкие значения K (при $50 < P_e/P_{\text{ен}} < 100\%$, $K = 1,5-4$ ед. «Bosch») объясняются, как в случае образования NO_x , особенностью вихревой камеры дизеля. Концентрация сажи возрастает по мере роста углеродного соотношения C/H . Механизм образования сажи в случае термического разложения спиртов имеет вид



Первая стадия для метилового спирта не выделяет сажу ($n = 1$), а для изобутилового спирта ($n = 4$) выделяет сажу. Во второй стадии для метанола с учетом того, что $Q_1 = 1267$ кДж/кг, величина $Q_2 = 3846,4$ кДж/кг маловероятна.

При работе дизеля на метанольно-топливной эмульсии содержание

NO_x в ОГ уменьшилось в два раза. Это связано со снижением локальных температур и средней температуры процесса сгорания из-за сильного охлаждения топливоздушную смеси при испарении метанола. При работе дизеля на МТБЭ содержание сажи (дымность, K) снижается, так как спирты обладают меньшей склонностью к дымлению из-за наличия в молекулах значительного количества атомов кислорода. Заметное снижение дымности ОГ характерно для всех нагрузочных режимов работы дизеля.

Выводы

Разработана концепция применения спиртов в бензиновых двигателях и дизелях. Впервые предложен показатель парникового эффекта топлива, позволяющий на стадии создания современных транспортных средств оценить экологическую эффективность биотоплив. Разработана методология оценки топлива по парниковому эффекту. Приведена стратегия снижения выбросов парникового газа (CO_2). Применение спиртов сокращает выброс парникового газа в два с лишним раза. Приведены результаты испытаний бензиновых двигателей и дизелей при работе на спиртах.

Литература

1. Двигатель с искровым зажиганием, работающий на испаренных спиртах. Поршн. и газотурбин. двиг. Экспересс-информ. ВИНТИ. – 1983, № 44. – С. 7-13.
2. **Звонов В.А., Корнилов Г.С., Козлов А.В., Червенчук И.И.** Сравнительная оценка различных типов испарителей топлива для питания автомобильных двигателей. – Проблемы конструкции двигателей: Сб. научн. тр. НАМИ. – М. – 1998. – С. 239-254.
3. **Naman T.M., Striegler B.C.** Engine and field test. Evolution of methanol as an automotive fuel. – SAE paper. – 1983, № 831703. – 17 p.
4. **Лукшо В.А., Шатров Е.В.** Пути улучшения показателей карбюраторного двигателя, работающего на метаноле и бензометанольных смесях. Автомобильн. промышл. – 1983, № 11. – С. 5-11.
5. **Малов Р.В., Ксенофонтов И.В.** Некоторые особенности применения метанола в дизелях. – Двигателестроение. – 1989, № 8. – С. 30-31.

Эфиры – перспективные альтернативные моторные топлива для дизельных двигателей

Л.В. Грехов,

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

В.А. Марков,

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

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

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, эфиры, диметилвый эфир (ДМЭ), кислородсодержащие топлива.

Ethers – Perspective Alternative Fuels for Diesel Engines

L.V. Grekhov, V.A. Markov

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

Keywords: diesel engine, diesel fuel, ethers, dimethyl ether, oxygenated fuels.

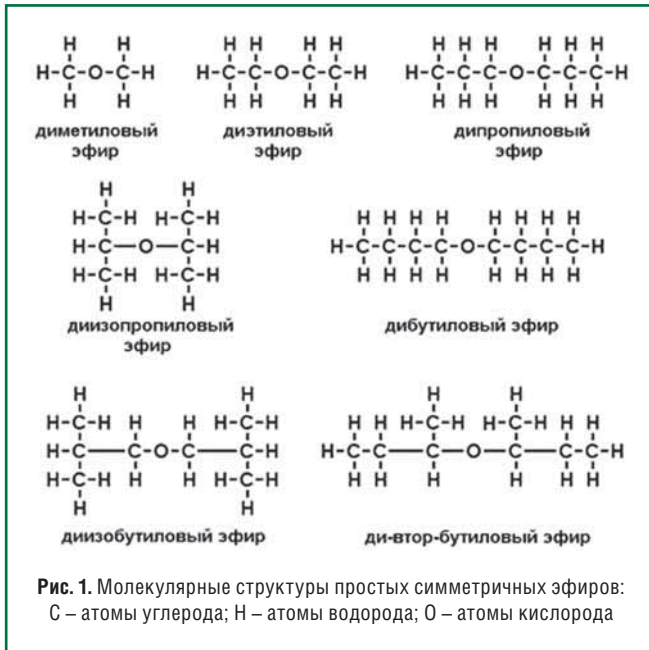
Необходимость экономии нефтяных жидких моторных топлив, а в перспективе – необходимость их частичного или полного замещения топливами, получаемыми из альтернативных сырьевых ресурсов, способствуют активизации поисков перспективных топлив для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Еще одна причина поиска альтернативы нефтяным жидким моторным топливам – практически непрерывное ужесточение требований к ток-

сичности отработавших газов (ОГ) и, следовательно, повышение требований к экологическим качествам моторных топлив. Немаловажным фактором является и наличие обширных сырьевых ресурсов для получения альтернативных моторных топлив. Указанным требованиям к альтернативным топливам в значительной мере соответствуют эфиры. Положительным качеством этих топлив является возможность их получения из любого углеводородного сырья (природный газ, каменный уголь и др.), в том числе из возобновляемых источников энергии (биомасса, отходы сельского хозяйства, пищевой промышленности и др.). Следует отметить наличие в составе эфиров кислорода, что позволяет значительно улучшить экологические показатели двигателей, работающих на этих альтернативных моторных топливах [1].

Эфиры обычно получают путем воздействия неорганических кислот на соответствующие спирты, поэтому они могут рассматриваться как производные (изомеры) соответствующих спиртов. При этом следует отметить, что спиртовые топлива (особенно простейшие спирты) обладают рядом недостатков, которые препятствуют их использованию в качестве моторных топлив для дизелей. Это, в первую очередь, плохая самовоспламеняемость спиртов (низкое цетановое число). Многие эфиры лишены этого недостатка и обладают хорошей самовоспламеняемостью в условиях камеры сгорания (КС) дизеля.

Эфиры составляют обширную группу химических соединений [1]. Различают простые и сложные эфиры. Простые эфиры имеют структуру R-O-R, в которой атом кислорода соединяет радикалы R, где R – одинаковые или различные радикалы типа CH_3 , C_2H_5 , C_6H_5 и др. В молекулах простых симметричных эфиров содержится два одинаковых радикала R, а молекулы несимметричных (смешанных) простых эфиров включают различные радикалы R. Эфиры, как правило, плохо растворяются в воде и хорошо растворяются в органических растворителях. Химически эфиры сравнительно инертны, но легко воспламеняются при повышенных температурах, характерных для условий КС дизелей. Это позволяет использовать их в качестве моторного топлива для дизелей.

Физико-химические свойства некоторых простых симметричных эфиров приведены в табл. 1 [1]. Их молекулярные структуры представлены на рис. 1. Простейший симметричный эфир, родоначальник алифатических эфиров – диметилвый эфир (метилвый эфир) CH_3OCH_3 (или $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), в котором два метиловых радикала CH_3 соединены атомом кислорода. При нормальных условиях является бесцветным газом, но оживает уже при давлении $p=0,5$ МПа. Плотность газовой фазы при нормальной температуре $\rho=2,091$ г/л. Растворим в спиртах, эфирах и воде, сравнительно инертен. Его вырабатывают дегидратацией метанола (его нагреванием с концентрированной серной кислотой H_2SO_4). Он также является побочным продуктом при синтезе метанола из синтез-газа ($\text{CO} + \text{H}_2$),



получаемого в результате окисления природного газа. При этом содержание ДМЭ в метаноле-сырце составляет 0,01-6%. Этот эфир обладает слабым наркотическим действием. Применяется для метилирования ароматических аминов, получения диметилсульфата, как хладагент. В настоящее время ДМЭ рассматривается как одно из наиболее перспективных моторных топлив для дизелей.

Другой простой симметричный эфир – диэтиловый эфир (этиловый эфир, серный эфир, эфир) $C_2H_5OC_2H_5$ (или $C_4H_{10}O$). Это бесцветная легкоподвижная летучая жидкость со своеобразным запахом. В молекуле этого эфира атом кислорода соединяет два этиловых радикала C_2H_5 . Растворим в спиртах, эфирах, бензоле и воде. Он вырабатывается путем воздействия серной кислоты на этиловый спирт (дегидратация этанола в присутствии серной кислоты H_2SO_4) или как побочный продукт в синтезе этанола гидратацией этилена. Применяется как растворитель органических веществ, в медицине – для ингаляционного наркоза. Применение затруднено из-за его большой огне- и взрывоопасности (образует взрывоопасные пероксиды). Раздражает дыхательные пути.

Дипропиловый эфир (н-пропиловый эфир) $C_3H_7OC_3H_7$ (или $C_6H_{14}O$) – жидкость, растворимая в органических растворителях и плохо растворимая в воде. Получают дегидратацией н-пропанола. Растворитель растительных, животных и минеральных масел, природных и синтетических смол. При хранении образует взрывоопасные пероксиды.

Диизопропиловый эфир (изопропиловый эфир) $(CH_3)_2CHOCH(CH_3)_2$ (или $C_6H_{14}O$) – типичный представитель простых эфиров, бесцветная летучая жидкость с эфирным запахом, растворимая в органических растворителях. Получают взаимодействием изопропанола с пропиленом или как побочный продукт при производстве изопропанола гидратацией пропилена. Растворитель животных жиров,

растительных и минеральных масел, природных и синтетических смол, лаков и красок, применяется для депарафинизации смазочных масел и в качестве присадки к бензинам, повышающей их детонационную стойкость. При хранении на воздухе образует взрывоопасные пероксиды. По физиологическому действию аналогичен диэтиловому эфиру, но более токсичен.

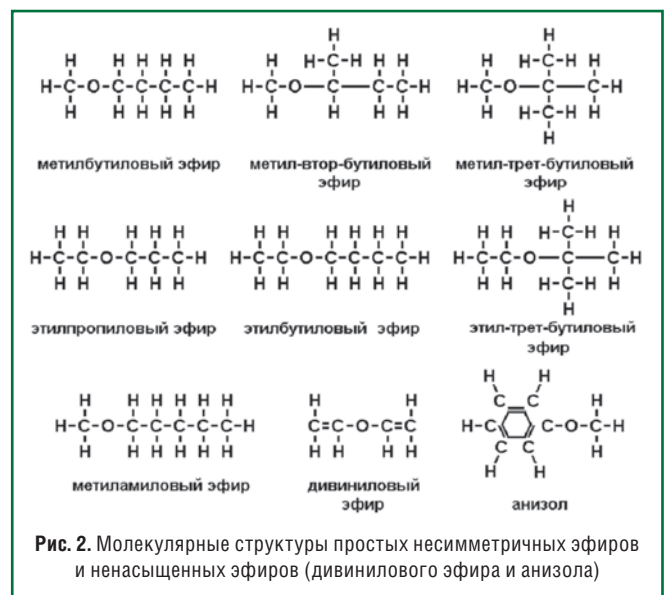
Дибутиловый эфир (н-бутиловый эфир) $CH_3(CH_2)_3O(CH_2)_3CH_3$ или $C_4H_9OC_4H_9$ (или $C_8H_{18}O$) – бесцветная жидкость, хорошо растворима в органических растворителях и плохо в воде. Получают дегидратацией н-бутанола. Растворитель жиров, углеводородов, природных и синтетических смол, растворитель в органическом синтезе. Менее летуч, чем диэтиловый эфир. При хранении образует взрывоопасные пероксиды. Раздражает слизистые оболочки носа и глаз.

Диизобутиловый эфир (изобутиловый эфир) $(CH_3)_2CHCH_2OCH_2CH(CH_3)_2$ (или $C_8H_{18}O$) – бесцветная жидкость, хорошо растворим в органических растворителях и плохо в воде (0,3% при 20°C). Получают дегидратацией изобутанола. Применяется как растворитель нитроцеллюлозных лаков. При хранении образует взрывоопасные пероксиды.

Ди-втор-бутиловый эфир $CH_3CH_2CH(CH_3)OCH(CH_3)CH_2CH_3$ (или $C_8H_{18}O$) – бесцветная жидкость. Получают нагреванием втор-бутилового спирта в присутствии серной кислоты. Промышленного применения не имеет.

Известен также диамиловый эфир (н-амиловый эфир) $C_5H_{11}OC_5H_{11}$ (или $C_{10}H_{22}O$) – жидкость с эфирным запахом. Плотность $\rho=774,0 \text{ кг/м}^3$, температура плавления $t_{пл}=-69,3^\circ\text{C}$, температура кипения $t_{кип}=190,0^\circ\text{C}$. Получают дегидратацией нормального амилового спирта.

Диизоамиловый эфир (изоамиловый эфир) $[(CH_3)_2CHCH_2CH_2]_2O$ (или $C_{10}H_{22}O$) – бесцветная жидкость с эфирным запахом. Растворим в органических растворителях, малорастворим в воде. Получают при нагревании



изоамилового спирта с серной кислотой. Применяется как высококипящий растворитель.

В ряде производств используется дигексиловый эфир (н-гексиловый эфир) $C_6H_{13}OC_6H_{13}$ (или $C_{12}H_{26}O$) – жидкость, растворимая в органических растворителях и практически нерастворимая в воде. Имеет следующие свойства: $\rho=793,6$ кг/м³, $t_{пл}=-43,0^{\circ}C$, $t_{кип}=226,2^{\circ}C$, температура вспышки $t_{всп}=76,7^{\circ}C$, температура самовоспламенения $t_{свп}=187,2^{\circ}C$. Получают дегидратацией н-гексанола. Растворитель нитратов целлюлозы, компонент пеногасителей, экстрагент.

Известен дигептиловый эфир (н-гептиловый эфир) $C_7H_{15}OC_7H_{15}$ (или $C_{14}H_{30}O$) – жидкость, растворимая в

органических растворителях и практически нерастворимая в воде. Имеет плотность $\rho=800,0$ кг/м³. Получают дегидратацией н-гептанола.

Известен также диоктиловый эфир (н-октиловый эфир) $C_8H_{17}OC_8H_{17}$ (или $C_{16}H_{34}O$) – жидкость, растворимая в спиртах и эфирах и нерастворимая в воде. Его свойства: $\rho=805,2$ кг/м³, цетановое число ЦЧ=35, $t_{пл}=-7,0^{\circ}C$, $t_{кип}=291,7^{\circ}C$. Получают дегидратацией н-октанола. Компонент антистатиков, используется также в качестве смазки при формовании изделий из пластмасс и в текстильной промышленности.

Обширную группу простых эфиров составляют несимметричные (смешанные) эфиры, имеющие структуру R-O-R'.

Таблица 1

Физико-химические свойства простых симметричных эфиров

Показатели	Эфиры							
	Диметиловый	Диэтиловый	Дипропиловый	Диизопропиловый	Дибутиловый	Диизобутиловый	Ди-втор-бутиловый	Диизоамиловый
Обозначение	DME	DEE	DPE	DIPE	DBE	–	–	DIAE
Формула состава	C_2H_6O	$C_4H_{10}O$	$C_6H_{14}O$	$C_6H_{14}O$	$C_8H_{18}O$	$C_8H_{18}O$	$C_8H_{18}O$	$C_{10}H_{22}O$
Молекулярная масса	46,07	74,12	102,18	102,18	130,23	130,23	130,23	158,29
Плотность при 20°C, кг/м ³	668*	713,8	736,0	728,1	770,4	757,5	755,0	777,7
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	0,22*	0,34	0,57	0,51	1,00	–	–	–
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	–	15,9	19,9	17,4	22,5	–	–	23,0
Цетановое число	>55	>125	–	–	80	–	–	40
ОЧ по моторному методу	–	–	–	98	–	–	–	–
ОЧ по исследовательскому методу	–	–	–	110	–	–	–	–
Температура плавления, °C	–138,5	–116,2	–122,0	–85,9	–95,4	–	–	–75,0
Температура кипения, °C	–24,8	34,5	91,0	68,3	142,4	131,5	121,0	173,2
Критическая температура, °C	126,9	193,4	–	228,0	293,0	–	–	–
Критическое давление, МПа	5,37	3,61	–	2,84	2,39	–	–	–
Температура вспышки, °C	–41,1	–41,0	–16,0	–28,0	25,0	–	–	75,0
Температура самовоспламенения, °C	235,0	180,0	240,0	443,0	160,0	–	–	250
Концентрационные пределы воспламенения, %	1,8–34	1,9–48	–	1,4–21	–	–	–	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	28840	33870	36000	36200	39100	38700	–	40900
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	9,01	11,20	12,18	12,18	12,74	12,74	12,74	13,10
Теплота испарения, кДж/кг	412	329,1	–	313,7	286,0	–	–	222
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20°C, кПа	510	71,2	–	19,7	–	–	–	–
Теплоемкость C_p при 0,1 МПа и 20°C, Дж/(кг·град)	1,43	2,25	–	2,21	–	–	–	–
Содержание, % по массе:								
С	52,2	64,8	70,5	70,5	73,8	73,8	73,8	75,9
Н	13,1	13,6	13,8	13,8	13,9	13,9	13,9	14,0
О	34,7	21,6	15,7	15,7	12,3	12,3	12,3	10,1
Растворимость в воде при 20°C, %	–	6,5	0,2	1,2	0,3	–	–	–
ПДК рабочей зоны, мг/м ³	–	300	–	250	–	–	–	–

Примечание. * – Плотность и вязкость жидкой фазы при температуре кипения; «–» – свойства не приведены.



в которой R и R' – различные радикалы типа CH_3 , C_2H_5 , C_6H_5 . Физико-химические свойства некоторых из этих эфиров приведены в табл. 2 [1]. Их молекулярные структуры показаны на рис. 2.

Метилбутиловый эфир (метил-н-бутиловый эфир, бутилметилвый эфир, 1-метоксибутан) $\text{CH}_3\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ (или $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) – бесцветная жидкость с эфирным запахом, растворимая в органических растворителях и нерастворимая в воде.

Метил-втор-бутиловый эфир (2-метоксибутан) $\text{CH}_3\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ (или $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) – вторичный эфир, бесцветная летучая жидкость, растворимая в органических растворителях и нерастворимая в воде.

Метил-трет-бутиловый эфир (трет-бутилметилвый эфир, 2-метил-2-метоксипропан) $\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_2$ (или $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) – третичный эфир, бесцветная жидкость с эфирным запахом, нерастворимая в воде и растворимая в органических растворителях (этанол, ДМЭ и др.). Получают взаимодействием метанола с изобутиленом в присутствии кислых катализаторов (например, ионообменных смол). Используется в ДВС с принудительным воспламенением в качестве оксигената – кислородсодержащего компонента, заменяющего в бензинах тетраэтилсвинец. Повышает детонационную стойкость бензинов и уменьшает выбросы сажи и монооксида углерода. Не образует пероксидных соединений. По токсичности аналогичен неэтилированному бензину.

Таблица 2

Физико-химические свойства простых несимметричных эфиров

Показатели	Эфиры							
	Метилбутиловый	Метил-втор-бутиловый	Метил-трет-бутиловый	Этилпропиловый	Этилбутиловый	Этил-трет-бутиловый	Метиламиловый	Метил-трет-амиловый
Обозначение	–	–	MTBE	–	–	ETBE	–	MTAE, TAME
Формула состава	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$
Молекулярная масса	88,15	88,15	88,15	88,15	102,18	102,18	102,18	102,18
Плотность при 20°C, кг/м ³	744,3	741,5	740,5	750,0	759,2	740,7	780,0	770,0
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	–	–	0,47	–	–	–	–	–
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	–	–	19,4	–	–	–	–	–
ОЧ по моторному методу	–	–	102	–	–	105	–	99
ОЧ по исследовательскому методу	–	–	118	–	–	118	–	112
Температура плавления, °C	–	–	–108,6	–	–124,0	–	–	–
Температура кипения, °C	70,3	59,0	55,2	61,4	92,2	73,1	–	86,3
Критическая температура, °C	–	–	497,1	–	–	–	–	–
Критическое давление, МПа	–	–	3,43	–	–	–	–	–
Температура вспышки, °C	–	–	–27,0	–	–1,0	–	–	–
Температура самовоспламенения, °C	–	–	443,0	–	–	–	–	–
Концентрационные пределы воспламенения, %	–	–	1,4–10,0	1,9–24,0	–	–	–	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	34800	–	35160	–	36000	36000	36000	36000
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	11,77	11,77	11,77	11,77	12,18	12,18	12,18	12,18
Теплота испарения, кДж/кг	–	–	322,5	–	–	315	–	326
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20°C, кПа	–	–	15	–	–	9	–	10
Теплоемкость C_p при 0,1 МПа и 20°C, Дж/(кг·град)	–	–	2,14	–	–	–	–	–
Содержание, % по массе:								
С	68,1	68,1	68,1	68,1	70,5	70,5	70,5	70,5
Н	13,7	13,7	13,7	13,7	13,8	13,8	13,8	13,8
О	18,2	18,2	18,2	18,2	15,7	15,7	15,7	15,7
Растворимость в воде при 20°C, %	–	–	4,6	–	–	–	–	0,6
ПДК рабочей зоны, мг/м ³	–	–	100	–	–	–	–	–

Примечание. «—» – свойства не приведены.

ПДК в воздухе рабочей зоны – 100 мг/м³, ПДК в атмосфере населенных пунктов – 0,1 мг/м³.

Этилпропиловый эфир (этил-н-пропиловый эфир) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ (или $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях.

Этилбутиловый эфир (этил-н-бутиловый эфир, бутилэтиловый эфир) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) – жидкость с эфирным запахом, нерастворимая в воде, растворимая в спиртах и эфирах. Получают дегидратацией смеси этанола и н-бутанола. Растворитель жиров и углеводов, экстрагент, токсичен.

Этил-трет-бутиловый эфир $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{CH}_3)_3$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) – третичный эфир, бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях.

Используется в ДВС с принудительным воспламенением в качестве оксигената – кислородсодержащего компонента, повышающего детонационную стойкость бензинов и уменьшающего выбросы сажи и монооксида углерода.

Существует этил-втор-бутиловый эфир $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) – жидкость, нерастворимая в воде, растворимая в спиртах и эфирах. Его свойства: $\rho=742,0 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=81,2^\circ\text{C}$.

Метиламиловый эфир (н-метиламиловый эфир, амилметиловый эфир) $\text{CH}_3\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях.

Метил-трет-амиловый эфир (трет-амилметиловый эфир) $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}$) – третичный эфир, бесцветная жидкость с эфирным запахом, плохо растворимая в воде, растворимая в этаноле, ДМЭ и других органических растворителях. Легко воспламеняется и образует взрывоопасные смеси с воздухом. Получают взаимодействием изоамиленов с метанолом в присутствии кислотных катализаторов (ионообменных смол). Используется в ДВС с принудительным воспламенением в качестве оксигената.

Известны также:

■ пропилбутиловый эфир (пропил-н-бутиловый эфир) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$ (или $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях; его свойства – $\rho=761,2 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=117,1^\circ\text{C}$;

■ пропил-трет-бутиловый эфир $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OC}(\text{CH}_3)_3$ (или $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях.

Таблица 3

Физико-химические свойства ацеталей и эфиров гликолей

Показатели	Эфиры							
	Диметоксиметан	1,1-Диметоксиметан	Монометиловый эфир этиленгликоля	Моноэтиловый эфир этиленгликоля	Монобутиловый эфир этиленгликоля	Диметиловый эфир этиленгликоля (глим)	Диметиловый эфир диэтиленгликоля (диглим)	Монометиловый эфир трипропиленгликоля
Обозначение	DMM	–	–	–	ENB	–	DGM	TPMO
Формула состава	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$	$\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$	$\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_4$
Молекулярная масса	76,10	90,12	76,10	90,12	118,18	90,12	134,18	206,28
Плотность при 20°C, кг/м ³	854,1	844,6	964,6	931,1	902,2	861,2	949,8	947,1
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	0,39	0,45	1,76	2,26	7,12	1,27	1,15	–
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	20,4	–	–	–	–	–	–	–
Цетановое число	28,5	–	–	20	45	65	>125	70
Температура плавления, °C	–104,8	–58,0	–85,1	–70,0	–70,0	–58,0	–64,0	–80
Температура кипения, °C	42,3	64,5	124,6	135,6	171,2	84,5	163,0	189,9
Температура вспышки, °C	–21,0	26,7	36,0	48,9	69,4	1,0	67,2	82,3
Температура самовоспламенения, °C	237	–	288,0	237,8	244,4	–	–	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	23260	27700	22000	25300	29800	25300	24500	27000
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	7,28	8,44	7,28	8,44	9,95	8,44	8,25	9,05
Давление насыщенных паров при 0,1 МПа и 20°C, кПа	60	–	1,3	0,71	0,11	6,4	–	≈0
Содержание, % по массе:								
С	47,4	53,3	47,4	53,3	61,0	53,3	53,7	58,2
Н	10,6	11,2	10,6	11,2	11,9	11,2	10,5	10,8
О	42,0	35,5	42,0	35,5	27,1	35,5	35,8	31,0
Растворимость в воде при 20°C, %	32	–	–	–	–	–	–	–
ПДК рабочей зоны, мг/м ³	–	–	80	200	240	–	–	–

Примечание. «–» – свойства не приведены.

органических растворителей; свойства – $\rho=751,4 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=97,4^\circ\text{C}$;

■ этил-трет-амиловый эфир $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$ (или $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических растворителях; свойства – $\rho=750,0 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=102,0^\circ\text{C}$.

Представителем ненасыщенных симметричных эфиров является дивиниловый эфир (виниловый эфир) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{O}-\text{CH}=\text{CH}_2$ (или $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}$). В его молекуле присутствуют две двойные связи (рис. 2). Бесцветная высокотоксичная жидкость, растворимая в органических растворителях. Его свойства: $\rho=769,0 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=39^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=-30^\circ\text{C}$, $t_{\text{свп}}=360^\circ\text{C}$.

Среди простых эфиров следует отметить анизол (метоксибензол, метилфениловый эфир) $\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_5$ (или $\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$) – ненасыщенный эфир, содержащий в молекуле кольцевую бензольную структуру (рис. 2). Жидкость с приятным запахом, растворимая в этаноле, эфирах, бензоле, нерастворимая в воде. Его свойства: $\rho=989,3 \text{ кг/м}^3$, $\text{ЦЧ}=15$, $t_{\text{пл}}=-37,5^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=153,7^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=41,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{свп}}=485^\circ\text{C}$. Получают метилированием фенола диметилсульфатом, метилхлоридом (в щелочной среде) или метанолом (в кислой среде). Промежуточный продукт в производстве красителей, лекарств и душистых веществ. Растворитель в парфюмерной промышленности. Раздражает слизистые оболочки глаз и кожу.

Отдельную группу простых эфиров образуют ацетали – простые диэфиры гидратов альдегидов с общей формулой $\text{RCH}(\text{OR}')_2$, где R и R' – органические радикалы. У симметричных ацеталей радикалы R и R' одинаковы, а у несимметричных – различны. Ацетали представляют собой бесцветные жидкости с приятным запахом. Они применяются как растворители и душистые вещества. Физико-химические свойства некоторых ацеталей представлены в табл. 3 [1]. Их молекулярные структуры приведены на рис. 3.

Диметоксиметан (метилаль, формаль) $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{OCH}_3$ или $\text{CH}_2(\text{OCH}_3)_2$ (или $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$) – бесцветная жидкость с приятным запахом, растворимая в воде и органических растворителях. Получают взаимодействием формальдегида с метанолом. Является компонентом парфюмерных композиций, обладает наркотическим действием.

1,1-Диметоксиэтан (диметилацеталь) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OCH}_3)_2$ (или $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$) – бесцветная жидкость с приятным запахом, растворимая в воде и органических растворителях. Получают взаимодействием ацетальдегида или ацетиленом с метанолом. Растворитель эфиров целлюлозы. Применяется для получения поливинилацеталей. Обладает наркотическим действием.

Известен также 1,1-Диэтоксидан (ацеталь, диэтилацеталь) $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$) – бесцветная жидкость с приятным запахом. Растворим в углеводородах, спиртах, эфирах, воде. Его свойства: $\rho=825,4 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=103,5^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=-20,6^\circ\text{C}$, $t_{\text{свп}}=230^\circ\text{C}$. Получают взаимодействием ацетальдегида или ацетиленом с этанолом. Растворитель эфиров целлюлозы, компонент парфюмерных композиций,

ароматизирующее вещество в пищевой промышленности.

К группе ацеталей относится этилаль (ацетол, диэтилформаль) $\text{CH}_2(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$ (или $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_2$) бесцветная жидкость с приятным запахом.

Большую группу эфиров составляют эфиры спиртов, относящихся к группе гликолей (этиленгликоля, диэтиленгликоля, трипропиленгликоля и др.). Среди них можно выделить целлозольвы (торговое название простых эфиров этиленгликоля и их ацетатов). Они имеют формулу состава $\text{ROCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ и представляют собой бесцветные жидкости со слабым запахом. Молекулы этих эфиров содержат два атома кислорода, а по химическим свойствам они близки к спиртам. Целлозольвы хорошо смешиваются как с полярными (спиртами, кетонами, гликолями), так и с неполярными (углеводородами, маслами) растворителями, а также с водой. Применяются как растворители для нитро- и ацетилцеллюлозы, природных и синтетических смол, лаков, эмалей, минеральных масел, воска, парафина, в качестве присадок к топливам (в количестве до 0,1%) для предотвращения образования кристаллов влаги и для других целей. Физико-химические свойства целлозольвов приведены в табл. 3 [1]. Их молекулярные структуры показаны на рис. 3.

Монометиловый эфир этиленгликоля (метилцеллозольв, 2-метоксиэтанол) $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_2$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Получают взаимодействием оксида этилена с метанолом. Растворитель нитратов и ацетатов целлюлозы, поливинилацетата, природных и синтетических смол. Вспомогательное вещество в текстильной промышленности, растворитель в парфюмерии, разделяющий агент для азеотропной ректификации спиртов и углеводородов, присадка к топливам для предотвращения образования льда.

Моноэтиловый эфир этиленгликоля (этилцеллозольв) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Получают взаимодействием оксида этилена с этанолом. Растворитель нитратов и ацетатов целлюлозы, природных и синтетических смол, компонент составов для удаления старых лакокрасочных покрытий, присадка к топливам для предотвращения образования льда.

Монобутиловый эфир этиленгликоля (этиленгликоля нормальный бутиловый эфир, бутилцеллозольв, 2-бутоксиданол) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$) – жидкость с приятным запахом, растворимая в воде и органических растворителях. Получают взаимодействием оксида этилена с нормальным бутанолом. Растворитель нитратов и ацетатов целлюлозы, природных и синтетических смол, минеральных масел. Компонент составов для химической чистки одежды. Применяется как присадка к автомобильным бензинам для предотвращения образования льда и в качестве оксигената.

Известны и другие целлозольвы, среди которых можно отметить следующие.

Моногексилловый эфир этиленгликоля (н-гексилцеллозольв) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_2$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=887,1 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-50,1^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=208,1^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=90,6^\circ\text{C}$.

Монобензиловый эфир этиленгликоля (бензилцеллозольв) $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{O}_2$) – жидкость с запахом розы, плохо растворимая в воде (0,4% при 20°C), растворима в спиртах и эфирах. Свойства: $\rho=1068,1 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-75^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=255,9^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=129,4^\circ\text{C}$, $t_{\text{свп}}=351,7^\circ\text{C}$.

Монофениловый эфир этиленгликоля (фенилцеллозольв, 2-феноксиэтанол) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_2$) – жидкость, плохо растворимая в воде (2,7% при 20°C), растворима в спиртах и эфирах. Свойства: $\rho=1107,4 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=14^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=244,9^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=121,1^\circ\text{C}$.

Другую группу эфиров составляют симметричные эфиры этиленгликоля, имеющие структуру R-O-C₂H₄-O-R, в которой R – радикалы типа CH₃, C₂H₅ и др. Среди них можно отметить следующие (см. табл. 3 и рис. 3) [1].

Диметилловый эфир этиленгликоля (глим, моноглим, гликольдиметилловый эфир, 1,2-диметоксиэтан, диметилцеллозольв) $\text{CH}_3\text{OC}_2\text{H}_4\text{OCH}_3$ (или $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_2$) – бесцветная жидкость с приятным запахом. Растворима в воде и органических растворителях. Получают взаимодействием алкоголята монометилового эфира этиленгликоля с метилгалогенидом. Растворитель эфиров целлюлозы, компонент парфюмерных композиций, ароматизирующее вещество в пищевой промышленности.

Известен также диэтиловый эфир этиленгликоля (1,2-диэтоксизэтан, диэтилцеллозольв) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_4\text{OC}_2\text{H}_5$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2$) – бесцветная жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=840,2 \text{ кг/м}^3$, ЦЧ=100, $t_{\text{пл}}=-74,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=121,4^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=35,0^\circ\text{C}$. Получают взаимодействием алкоголята моноэтилового эфира этиленгликоля с этилгалогенидом. Растворитель в органическом синтезе, растворитель и разбавитель в парфюмерии.

Известен также дибутиловый эфир этиленгликоля (1,2-дибутоксизэтан, дибутилцеллозольв) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OC}_2\text{H}_4\text{OC}_4\text{H}_9$ (или $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_2$) – бесцветная жидкость, растворимая в органических

растворителях, плохо – в воде (0,2% при 20°C). Свойства: $\rho=835,9 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-69,1^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=203,1^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=84,4^\circ\text{C}$.

Группу эфиров, молекулы которых содержат три атома кислорода, составляют эфиры диэтиленгликоля. К ним относятся следующие эфиры [1].

Монометилловый эфир диэтиленгликоля (метилкарбитол) $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_3$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=1035,4 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{кип}}=194,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=93,3^\circ\text{C}$. Получают взаимодействием оксида этилена с метанолом. Растворитель нитратов целлюлозы, природных и синтетических смол. Компонент тормозных жидкостей, антифризов, составов для химической чистки одежды.

Моноэтиловый эфир диэтиленгликоля (этилкарбитол, карбитол) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=988,5 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-55,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=201,9^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=94,4^\circ\text{C}$. Получают взаимодействием оксида этилена с этанолом. Растворитель нитратов целлюлозы, природных и синтетических смол, растительных масел, компонент тормозных жидкостей, антифризов, абсорбентов для осушки газов, бактерицидное вещество, растворитель в парфюмерии.

Монобутиловый эфир диэтиленгликоля (бутилкарбитол) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_3$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=955,3 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-68,1^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=231,2^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=77,8^\circ\text{C}$, $t_{\text{свп}}=227,8^\circ\text{C}$.

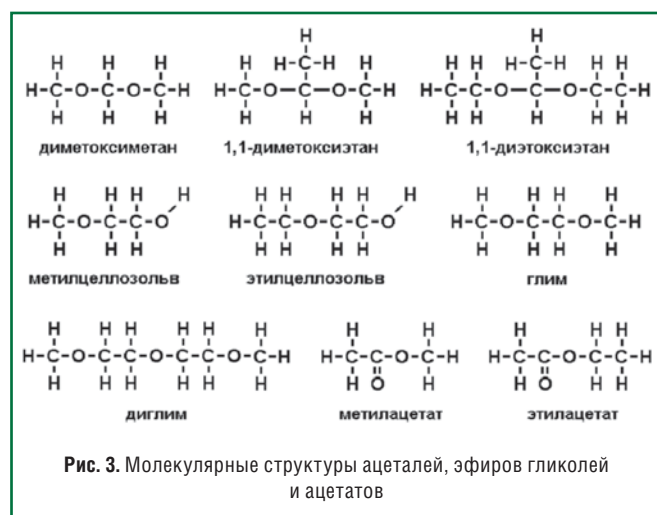
Моногексилловый эфир диэтиленгликоля (гексилкарбитол) $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_{10}\text{H}_{22}\text{O}_3$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=932,9 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-33,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=259,1^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=140,6^\circ\text{C}$.

К трехатомным эфирам гликолей относятся и эфиры дипропиленгликоля. Один из них – монометилловый эфир дипропиленгликоля $\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{OCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{OH}$ (или $\text{C}_7\text{H}_{16}\text{O}_3$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=947,1 \text{ кг/м}^3$, $t_{\text{пл}}=-80,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=189,9^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=82,3^\circ\text{C}$. Компонент тормозных жидкостей и антифризов.

Еще одну группу эфиров диэтиленгликоля составляют его симметричные эфиры. К ним относятся следующие эфиры (табл. 3 и рис. 3) [1].

Диметилловый эфир диэтиленгликоля (диглим, диметилкарбитол) $(\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{CH}_2)_2\text{O}$ (или $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_3$) – бесцветная жидкость с приятным запахом. Растворим в спиртах, эфирах, воде. Получают взаимодействием ацетальдегида или ацетилена с этанолом, взаимодействием алкоголята монометилового эфира диэтиленгликоля с метилгалогенидом. Растворитель эфиров целлюлозы, компонент парфюмерных композиций, ароматизирующее вещество в пищевой промышленности.

Известен диэтиловый эфир диэтиленгликоля (диэтилкарбитол) $(\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_2\text{CH}_2)_2\text{O}$ (или $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_3$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях. Свойства: $\rho=906,6 \text{ кг/м}^3$, ЦЧ=120, $t_{\text{пл}}=-44,3^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип}}=189,0^\circ\text{C}$, $t_{\text{всп}}=82,2^\circ\text{C}$.



Получают взаимодействием алкоголята моноэтилового эфира диэтиленгликоля с этилгалогенидом. Растворитель эфиров целлюлозы, природных и синтетических смол, компонент парфюмерных композиций, ароматизирующее вещество в пищевой промышленности, добавка к поливинилацетатным клеям, повышающая их водостойкость.

Известен также дибутиловый эфир диэтиленгликоля (дибутилкарбитол) $(C_4H_9OCH_2CH_2)_2O$ (или $C_{12}H_{26}O_3$) – жидкость, растворимая в большинстве органических растворителей, плохо – в воде (0,3% при 20°C). Свойства: $\rho=883,7 \text{ кг/м}^3$, $t_{пл}=-60,2^\circ\text{C}$, $t_{кип}=256,0^\circ\text{C}$, $t_{всп}=118,3^\circ\text{C}$.

Кроме упомянутых выше глима и диглима (диметиловых эфиров этиленгликоля и диэтиленгликоля соответственно), к группе глимов (диметиловых эфиров моно-, ди- и триэтиленгликоля с общей формулой $CH_3O(C_2H_4O)_nCH_3$) относится также диметиловый эфир триэтиленгликоля (триглим) $CH_3O(C_2H_4O)_3CH_3$ (или $C_8H_{18}O_4$) – бесцветная жидкость,

растворимая в воде, углеводородах и других органических растворителях. Свойства: $\rho=984,4 \text{ кг/м}^3$, $t_{пл}=-46,0^\circ\text{C}$, $t_{кип}=216,0^\circ\text{C}$, $t_{всп}=111,0^\circ\text{C}$.

Известны и другие эфиры, молекулы которых содержат четыре атома кислорода. Среди них – монометиловый эфир трипропиленгликоля $CH_3O[CH_2CH(CH_3)O]_2CH_2CH(OH)CH_3$ (или $C_{10}H_{22}O_4$) – жидкость, растворимая в воде и органических растворителях (табл. 3). Получают взаимодействием оксида пропилен с метанолом. Растворитель эфиров целлюлозы. Входит в состав растворителей, применяемых для удаления старых лакокрасочных покрытий. Используется как компонент тормозных жидкостей и антифризов.

Кроме рассмотренных выше простых эфиров, в качестве топлива для дизелей могут быть использованы и сложные эфиры. Они являются производными кислот (органических или неорганических) и спиртов, в частности

Таблица 4

Физико-химические свойства ацетатов

Показатели	Эфиры							
	Метилацетат	Этилацетат	Пропилацетат	Изопропилацетат	Н-бутилацетат	Трет-бутилацетат	Амилацетат	Этилгексилацетат
Обозначение	–	–	–	–	–	–	–	ЕНА
Формула состава	$C_3H_6O_2$	$C_4H_8O_2$	$C_5H_{10}O_2$	$C_5H_{10}O_2$	$C_6H_{12}O_2$	$C_6H_{12}O_2$	$C_7H_{14}O_2$	$C_{10}H_{20}O_2$
Молекулярная масса	74,08	88,11	102,13	102,13	116,16	116,16	130,19	172,27
Плотность при 20°C, кг/м ³	927,3	900,6	883,0	872,4	881,3	896,0	875,3	878,0
Вязкость кинематическая при 20°C, мм ² /с	0,39	0,49	0,62	–	0,79	–	0,99	–
Поверхностное натяжение при 20°C, мН/м	23,8	23,0	24,3	–	24,6	–	25,3	–
Цетановое число	–	–	–	–	14	–	–	–
Температура плавления, °C	–98,1	–82,4	–92,5	–73,4	–73,3	–	–70,8	–
Температура кипения, °C	56,3	77,1	101,6	89,0	126,3	96,0	149,2	199,0
Критическая температура, °C	233,7	250,2	276,1	281,2	304,0	–	–	–
Критическое давление, МПа	4,63	3,84	3,33	3,48	3,08	–	–	–
Температура вспышки, °C	–9,4	–3,0	14,0	4,0	27,0	–	43,0	–
Температура самовоспламенения, °C	470,0	426,7	435,0	–	370,0	–	–	–
Концентрационные пределы воспламенения, %	3,1–15,6	2,2–11,4	1,8–9,6	–	1,3–8,4	–	1,1–7,8	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	19700	23500	26200	–	28300	–	29900	35200
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	6,54	7,85	8,80	8,80	9,52	9,52	10,09	11,23
Теплота испарения, кДж/кг	410	–	–	–	–	–	–	–
Давление насыщенных паров (0,1 МПа и 20°C), кПа	25,0	12,0	–	–	–	–	–	–
Теплоемкость C_p при 0,1 МПа и 20°C, кДж/(кг·град)	2,10	–	–	–	–	–	–	–
Содержание, % по массе:								
С	48,6	54,5	58,8	58,8	62,0	62,0	64,6	69,7
Н	8,2	9,2	9,9	9,9	10,4	10,4	10,8	11,7
О	43,2	36,3	31,3	31,3	27,6	27,6	24,6	18,6
Растворимость в воде при 20°C, %	31,9	8,5	1,9	2,9	1,0	–	0,2	–
ПДК рабочей зоны, мг/м ³	100	200	200	200	200	200	100	–

Примечание. «—» – свойства не приведены.

– продуктами замещения атомов водорода групп ОН в минеральных и карбоновых кислотах на углеводородные радикалы [1]. Сложные эфиры содержатся в эфирных маслах и составляют главную составную часть животных жиров, растительных масел, восков. Сложные эфиры карбоновых кислот (ацетаты – эфиры уксусной кислоты, акрилаты – эфиры акриловой кислоты, формиаты – эфиры муравьиной кислоты) получают в результате этерификации кислот спиртами – реакции, происходящей в присутствии катализаторов, которыми являются сильные минеральные кислоты (серная и др.). Возможно получение сложных эфиров окислением альдегидов, кетонов, ацеталей.

С точки зрения использования в качестве топлива для дизелей среди этих групп неорганических сложных эфиров определенным интересом представляют эфиры уксусной кислоты – ацетаты, которые отличаются наличием в молекулах двух атомов кислорода. Один из этих атомов входит в состав карбонильной группы $C=O$, а другой соединяет эту группу с углеводородным радикалом типа CH_3 , C_2H_5 и др. (рис. 3). Обычно ацетаты обладают приятным запахом и хорошо растворяются в органических растворителях, что позволяет использовать эти эфиры в качестве топлива в смеси с нефтяными и некоторыми альтернативными топливами. Вместе с тем эти эфиры плохо растворяются в воде (при нормальных условиях их растворимость в воде обычно составляет несколько процентов). Некоторые ацетаты являются отходами химических и биохимических производств, которые желательнее утилизировать, например, путем сжигания в ДВС. Их промышленное получение обычно основано на реакции этерификации уксусной кислоты соответствующим спиртом в присутствии серной кислоты или другого катализатора. Некоторые физико-химические свойства ацетатов приведены в табл. 4, а их молекулярные структуры – на рис. 3 [1].

Простейшим эфиром этой группы является метилацетат (метилвый эфир уксусной кислоты) CH_3COOCH_3 (или $C_3H_6O_2$) – органическое соединение, бесцветная прозрачная летучая жидкость с запахом фруктов. Смешивается с большинством органических растворителей во всех соотношениях. Получают этерификацией уксусной кислоты метанолом или пиролизом древесины. Используется как растворитель эфиров целлюлозы, поливинилацетата, лакокрасочных материалов, клеев, многих синтетических смол, растительных и животных жиров. Компонент составов для удаления старых лакокрасочных покрытий, ароматизирующее вещество в пищевой промышленности. Раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных органов. Слабый наркотик.

Этилацетат (этиловый эфир уксусной кислоты) $CH_3COOCH_2CH_3$ (или $C_4H_8O_2$) – бесцветная прозрачная горючая жидкость с фруктовым запахом. Получают этерификацией уксусной кислоты этанолом или взаимодействием этанола с кетеном. Растворитель эфиров целлюлозы, шеллака, хлоркаучука, виниловых полимеров, жиров, восков,

лаков. Используется для получения ацетоуксусного эфира, ацетилацетона, ряда других веществ. Желатинизирующее вещество в производстве взрывчатых веществ, экстрагент уксусной кислоты из водных растворов, компонент пищевых эссенций и парфюмерных композиций, отдушка для мыла. Обладает наркотическим действием, пары раздражают слизистые оболочки.

Пропилацетат $CH_3COO(CH_2)_2CH_3$ (или $C_5H_{10}O_2$) – жидкость с приятным запахом. Получают этерификацией уксусной кислоты н-пропанолом. Растворитель эфиров целлюлозы, природных и синтетических смол, ароматизирующее вещество в пищевой промышленности, компонент парфюмерных композиций.

Изопропилацетат $CH_3COOCH(CH_3)_2$ (или $C_5H_{10}O_2$) – жидкость, растворимая в органических растворителях. Получают этерификацией уксусной кислоты изопропанолом. Растворитель эфиров целлюлозы, природных и синтетических смол, полистирола и др.

Н-бутилацетат $CH_3COO(CH_2)_3CH_3$ (или $C_6H_{12}O_2$) – бесцветная душистая жидкость с запахом фруктов, растворимая в органических растворителях, нерастворимая в воде. Получают этерификацией уксусной кислоты н-бутанолом в присутствии серной кислоты. Растворитель нитро-, этил- и ацетилцеллюлозы, лакокрасочных материалов, натуральных и синтетических смол, полимеров, растительных масел и жиров, экстрагент душистых веществ. Вещество, входящее в состав пищевых эссенций и парфюмерных композиций.

Трет-бутилацетат $CH_3COOC(CH_3)_3$ (или $C_6H_{12}O_2$) – бесцветная жидкость с фруктовым запахом, растворимая в органических растворителях, нерастворимая в воде. Получают этерификацией уксусной кислоты трет-бутанолом. Растворитель нитроцеллюлозы, компонент пищевых эссенций и парфюмерных композиций.

Известен также изобутилацетат $CH_3COOCH_2CH(CH_3)_2$ (или $C_6H_{12}O_2$) – жидкость с запахом фруктов. Свойства: $\rho=858,0$ кг/м³, $t_{пл}=-98,9^\circ C$, $t_{кип}=116,5^\circ C$, $t_{всп}=20,0^\circ C$, $t_{свп}=423,0^\circ C$. ПДК=150 мг/м³.

Существует также втор-бутилацетат $CH_3COOCH(CH_3)C_2H_5$ (или $C_6H_{12}O_2$) – жидкость с фруктовым запахом. Свойства: $\rho=870,0$ кг/м³, $t_{кип}=112,2^\circ C$, $t_{всп}=31,1^\circ C$.

Амилацетат (амиловый эфир уксусной кислоты) $CH_3COO(CH_2)_4CH_3$ (или $C_7H_{14}O_2$) – бесцветная жидкость с фруктовым запахом, растворимая в спиртах и эфирах. Получают этерификацией уксусной кислоты амиловым спиртом (1-пентанол). Растворитель лакокрасочных материалов (в том числе нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых, полиакриловых), экстрагент при получении пенициллина, компонент пищевых эссенций (фруктовый запах), отдушка для мыла.

Известен также изоамилацетат (изоамиловый эфир уксусной кислоты) $CH_3COOCH_2CH_2CH(CH_3)_2$ (или $C_7H_{14}O_2$) – бесцветная жидкость с фруктовым запахом, растворимая в спиртах и эфирах. Свойства: $\rho=871,9$ кг/м³, $t_{пл}=-78,5^\circ C$,

$t_{кип} = 142,1^{\circ}C$. Получают этерификацией уксусной кислоты изоамиловым спиртом (3-пентанол). Растворитель нитроцеллюлозы в производстве киноплёнки, целлулоида и др. Душистое вещество в пищевой промышленности (грушевая эссенция).

Гексилацетат $CH_3COOC_6H_{13}$ (или $C_8H_{16}O_2$) – жидкость, нерастворимая в воде, растворимая в спиртах и эфирах. Свойства: $\rho = 877,0 \text{ кг/м}^3$, $t_{кип} = 169,2^{\circ}C$. Получают этерификацией уксусной кислоты n-гексаноном. Растворитель нитроцеллюлозы и полиэфирных смол.

Гептилацетат $CH_3COOC_7H_{15}$ (или $C_9H_{18}O_2$) – жидкость, нерастворимая в воде, растворимая в спиртах и эфирах. Свойства: $\rho = 874,0 \text{ кг/м}^3$, $t_{кип} = 191,5^{\circ}C$. Получают этерификацией уксусной кислоты n-гептаноном. Растворитель синтетических смол.

Этилгексилацетат (2-этилгексилацетат) $CH_3(CH_2)_7COOCH_3$ (или $C_{10}H_{20}O_2$) – жидкость с приятным запахом, растворимая в большинстве органических растворителей.

Известен также бензилацетат $C_6H_5CH_2COOCH_3$ (или $C_9H_{10}O_2$) – ненасыщенный эфир, имеющий в молекуле кольцевую бензольную структуру. Жидкость, растворимая в спиртах, нерастворимая в воде. Свойства: $\rho = 1058,0 \text{ кг/м}^3$, $t_{пл} = -51,5^{\circ}C$, $t_{кип} = 214,9^{\circ}C$, $t_{всп} = 102,0^{\circ}C$. Содержится во многих эфирных маслах. Душистое вещество с запахом жасмина, применяемое в парфюмерии и пищевой промышленности, растворитель нитратов и ацетатов.

Представителем ненасыщенных эфиров является и винилацетат (виниловый эфир уксусной кислоты) $CH_3COOCH=CH_2$ (или $C_4H_6O_2$) – бесцветная жидкость, хорошо растворимая в органических растворителях. Свойства: $\rho = 934,2 \text{ кг/м}^3$, $t_{пл} = -84,0^{\circ}C$, $t_{кип} = 72,7^{\circ}C$, $t_{свп} = 380,0^{\circ}C$. Получают окислительным присоединением уксусной кислоты к этилену. При контакте вызывает сильное раздражение и омертвление кожи человека и животных, а его пары – раздражение и ожоги слизистых оболочек дыхательных путей и роговой оболочки глаз.

Литература

1. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В. и др.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с.
2. **Zhou Longbao, Wang Hewu, Jiang Deming et al.** Study of Performance and Combustion Characteristics of a DME-Fueled Light-Duty Direct-Injection Diesel Engine. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-3669. – P. 1-7.
3. **Sato Y., Noda A., Sakamoto T. et al.** Performance and Emission Characteristics of a DI Diesel Engine Operated on Dimethyl Ether Applying EGR with Supercharging. – SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1809. – P. 1-8.
4. **Bailey B., Goguen J.E.S., Erwin J.** Diethyl Ether (DEE) as a Renewable Diesel Fuel. – SAE Technical Paper Series. 1997. № 972978. – P. 1-10.
5. **Curran H.J., Fisher E.M., Glaude P.A. et al.** Detailed Chemical Kinetic Modeling of Diesel Combustion with Oxygenated Fuels. – SAE Technical Paper Series. 2001. № 2001-01-0653. – P. 1-8.
6. **Miyamoto N., Ogawa H., Nurun N.M. et al.** Smokeless, Low NO_x , High Thermal Efficiency and Low Noise Diesel Combustion with Oxygenated Agents as Main Fuel. – SAE Technical Paper Series. 1998. № 980506. – P. 1-7.
7. **Yamamoto T., Matsumoto I.** Fuel Performance of Gas Oil Containing Alcohols and Ethers. – Nenryo Kyokai-Shi = Journal of the Fuel Society of Japan. 1983. Vol. 62. № 1. – P. 32-42.
8. **Moriya S., Yaginuma F., Watanabe H. et al.** Utilization of Ethanol and Gas Oil Blended Fuels for Diesel Engine (Addition of Decanol and Isoamyl Ether). – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-2518. – P. 1-4.
9. **Edgar B.L., Dibble R.W., Naegeli D.W.** Autoignition of Dimethyl Ether and Dimethoxy Methane Sprays at High Pressures. – SAE Technical Paper Series. 1997. № 971677. – P. 1-10.
10. **Ogawa H., Nabi M.N., Minami M. et al.** Ultra Low Emissions and High Performance Diesel Combustion with a Combination of High EGR, Three-Way Catalyst, and a Highly Oxygenated Fuel, Dimethoxy Methane (DMM). – SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1819. – P. 1-7.
11. **Vertin K.D., Ohi J.M., Naegeli D.W. et al.** Methylal and Methylal-Diesel Blended Fuels for Use in Compression-Ignition Engines. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1508. – P. 1-8.
12. **Tamanouchi M., Akimoto T., Aihara S. et al.** Effects of DGM and Oxidation Catalyst on Diesel Exhaust Emissions. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1137. – P. 1-14.
13. **Hyun G., Oguma M., Goto S.** Spray and Exhaust Emission Characteristics of a Biodiesel Engine Operating with the Blend of Plant Oil and DME. – SAE Technical Paper Series. 2002. № 2002-01-0864. – P. 1-9.
14. **Uchida M., Akasaka Y.** A Comparison of Emissions from Clean Diesel Fuels. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1121. – P. 1-6.
15. **Murayama T., Chikahisa T., Guo J.** A Study of a Compression Ignition Methanol Engine with Converted Dimethyl Ether as an Ignition Improver. – SAE Technical Paper Series. 1992. № 922212. – P. 1-7.
16. **Kajitani S., Chen Z.L., Oguma M. et al.** Direct Injection Diesel Engine Operated with Propane-DME Blend Fuel. – SAE Technical Paper Series. 1998. № 982536. – P. 1-9.
17. **Chen Z., Konno M., Oguma M. et al.** Experimental Study of CI Natural-Gas. – DME Homogeneous Charge Engine. – SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-0329. – P. 1-10.

Окончание в следующем номере.

The last part of the article to be published in the next issue.

Применение тепловых насосов для теплофикации при добыче и утилизации биогаза на полигонах ТБО

В.В. Лозовецкий,
профессор Московского государственного университета леса, д.т.н.,
В.В. Лебедев,
доцент Московского государственного университета леса, к.т.н.,
Е.В. Малышев,
главный инженер леспромхоза (Владимирская область)

В статье рассмотрены проблемы безопасной эксплуатации полигонов для захоронения твердых бытовых отходов. Опасность при хранении твердых бытовых отходов на полигонах связана, в частности, с неконтролируемой эмиссией в атмосферу биогаза, генерируемого при биохимической деструкции органического вещества. Организация технологического процесса добычи и утилизации биогаза позволит решить эту проблему. Рассматриваются комплексные проблемы эффективной утилизации биогаза на полигонах и использования его затем в качестве топлива для теплофикации и получения электрической энергии. Применение тепловых насосов позволяет повысить общую энергетическую эффективность технологической схемы. Также рассматриваются альтернативные способы повышения энергетической эффективности технологии утилизации энергии биогаза.

Ключевые слова: биогаз, полигон, отходы, теплообменный аппарат, тепловой насос, возобновляемый источник энергии, испаритель, компрессор, конденсатор.

Application of thermal pumps for central heating at extraction and biogas recycling on ranges of firm household waste

V.V. Lozovetsky, V.V. Lebedev, E.V. Malyshev

In article problems of safe operation of ranges for a burial place of a firm household waste are considered. Danger at storage of a firm household waste on ranges, in particular, is connected with the uncontrollable issue of biogas connected with biological decomposition of organic substance. Production process of extraction and biogas recycling on ranges will allow to solve this problem. Complex problems of effective recycling of biogas as fuel on ranges for the purpose of central heating and reception of electric energy are considered. Application of thermal pumps allows to raise the general power efficiency of the technological scheme. Alternative ways of increase of power efficiency of technology of recycling of energy of biogas are considered also.

Keywords: biogas, ground, wastes, heat-exchange, thermal pump, renewable energy source, evaporator, compressor, condenser.

Неконтролируемое образование биогаза на полигонах для размещения твердых бытовых отходов (ТБО) представляет серьезную экологическую проблему.

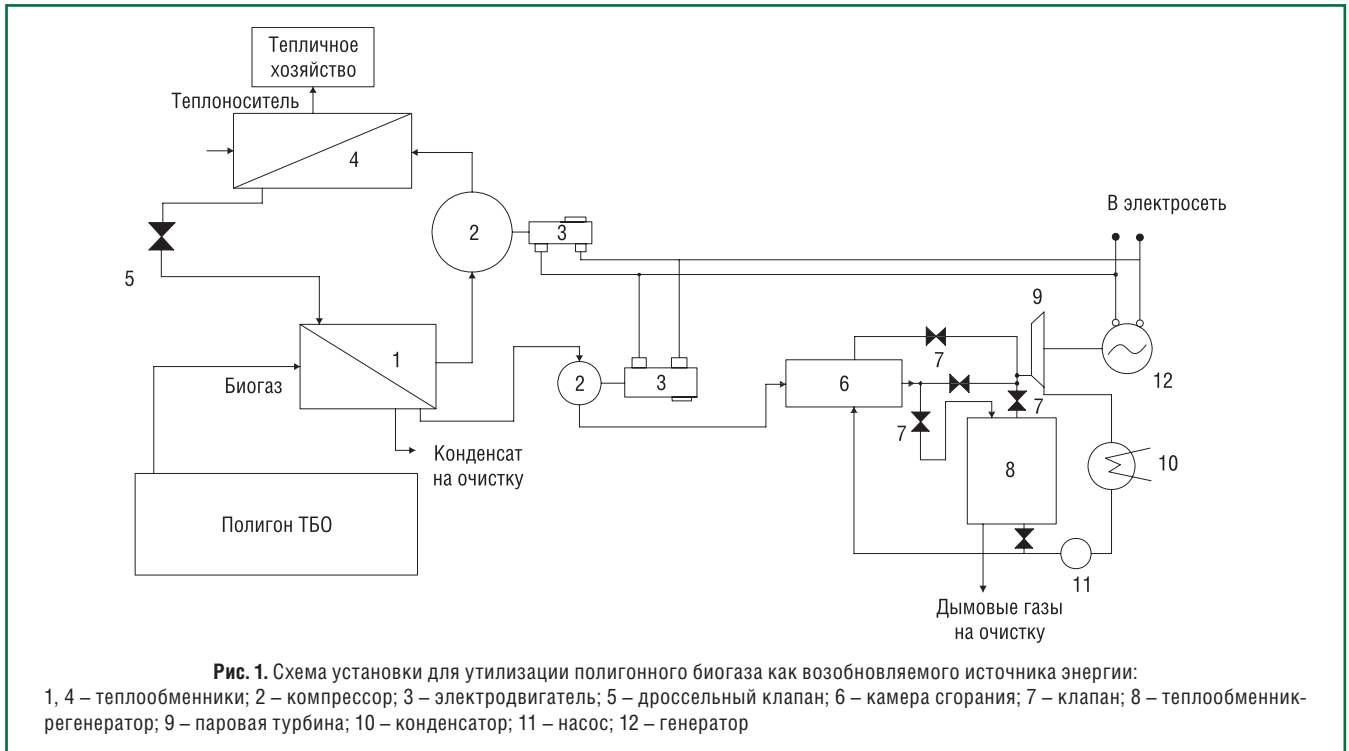
ТБО содержат около 30% органических отходов, которые подвержены анаэробной биоферментации в глубоких слоях захоронений, где нет достаточного поступления кислорода воздуха. Одна тонна ТБО при этом способна дать до 200-300 м³ биогаза. Биогаз представляет собой смесь парниковых газов: примерно 30-40% углекислого газа (CO₂) и 60-70% метана (CH₄).

Объемы накопления ТБО на современных селитебных территориях огромны: примерно на одного городского жителя в РФ приходится 600 кг в год. Таким образом, массы ТБО, накопленные на планете всего за один год, могут быть источником неконтролируемых выделений в атмосферу до нескольких сотен миллиардов кубометров парниковых газов. Биогаз из ТБО, захороненных на полигонах, может генерироваться в процессе биохимического анаэробного разложения органического вещества в течение 30 лет.

Биогаз, проникающий к поверхности полигона из расположенных ниже горизонтов захороненных ТБО, является часто причиной возгорания на полигонах. Эти возгорания являются источниками вторичного загрязнения атмосферы дымовыми газами, которые часто содержат в своем составе высокотоксичные компоненты, являющиеся продуктами горения или термического разложения искусственных полимеров, входящих в состав отходов. Кроме того, смеси кислорода (O₂) воздуха и метана (CH₄) биогаза (около 15% объема в смеси с воздухом) в замкнутых объемах взрывоопасны.

Таким образом, развитие добычи и утилизации полигонного газа является актуальным не только в направлении получения альтернативных источников энергии, но и в плане защиты окружающей природной среды.

В работе [1] рассматривается проект комплексной утилизации энергии биогаза, который генерируется на специально оборудованном полигоне



из фракций ТБО, содержащих органическое вещество, в процессах анаэробной биоферментации. Схема установки для утилизации получаемого биогаза представлена на рис. 1.

Полигон специально оборудован для добычи и утилизации образующегося биогаза и проектируется в расчете на получение тепловой мощности в количестве 2,5 МВт при использовании получаемого биогаза в качестве топлива в теплоэнергетической электрогенерирующей установке (ТЭС). Среднее количество биогаза, получаемого в единицу времени из одной скважины, принимается равным 15 м³/ч, а количество скважин, необходимых для получения объемов биогаза, требуемых для получения заданной тепловой мощности, принимается равным 45 ед.

Биогаз, собираемый из скважин проектируемого полигона, имеет температуру 25-40°С и влагосодержание до 20 г/м³. Объем получаемого таким способом биогаза составляет 645 м³/ч. Добываемый биогаз загрязнен увлекаемыми попутно испарениями фильтратов полигона и поэтому перед утилизацией должен подвергаться очистке, которую можно производить, например, путем охлаждения при сопутствующей конденсации выпаров. При этом

происходит также общее осушение биогаза.

В работе рассматривается применение тепловых насосов для утилизации тепла, получаемого при охлаждении и осушении биогаза.

В соответствии с представленной схемой утилизации (рис. 1) биогаз охлаждают в теплообменнике 1, который является холодильником теплового насоса. При этом происходит конденсация паров и осушение биогаза, после чего он подается по системе трубопроводов в камеру сгорания 6 и далее в паровую турбину 9 для получения электроэнергии или для аккумуляирования теплоты в теплообменнике-регенераторе 8 и последующего использования его в режиме пиковых нагрузок.

Преобразование с помощью тепловых насосов низкопотенциальной тепловой энергии, получаемой из потоков сточных вод, выбрасываемых газов и т.п., и последующее использование получаемого высокопотенциального тепла в целях теплофикации позволяют вовлекать вторичные источники тепловой энергии из отходов и таким образом снижать потребление ископаемого топлива.

Ниже представлены некоторые результаты исследований по применению теплофикационного теплового

насоса, технологическая схема которого приведена на рис. 2. Рассматривается применение теплонасосной установки, которая работает в режиме обратного парокompрессионного термодинамического цикла рабочего тела, которое, меняя свое физическое состояние, циркулирует в замкнутом контуре: испаритель 1 – рекуперативный теплообменник 5 – компрессор 2 – конденсатор 3 – ресивер 6 – рекуперативный теплообменник 5 – регулируемое дроссельное устройство 4 – испаритель 1.

Представленная на рис. 3 T-S-диаграмма термодинамического цикла парокompрессионной машины была выбрана в качестве расчетной при исследовании параметров теплового насоса. Применяется теплонасосный цикл, в котором тепло Q_0 биогаза, охлаждаемого и осушаемого в испарителе 1 теплового насоса за счет кипения хладагента, затем преобразуется в тепло Q_H , которое выделяется при охлаждении и конденсации сжатых компрессором 2 паров в конденсаторе 3 (рис. 2) при более высоких температурах, чем температура охлаждаемого биогаза. Эффект преобразования тепловой энергии достигается посредством затрат механической энергии в компрессоре для совершения работы по сжатию паров хладагента L_k .

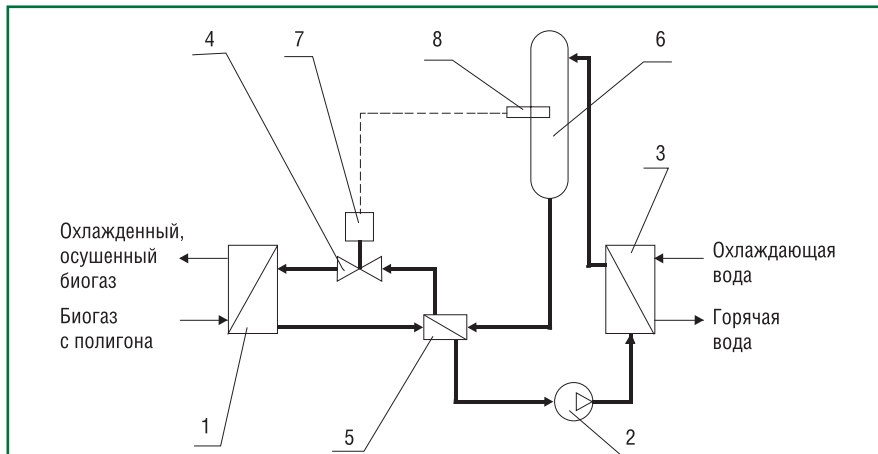


Рис. 2. Технологическая схема парокompрессионного теплового насоса:

1 – испаритель; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – регулируемое дроссельное устройство; 5 – рекуперативный теплообменник; 6 – ресивер; 7 – блок регулирования; 8 – датчик

Получаемая тепловая энергия может использоваться в целях теплофикации: получения горячей воды; отопления и т.п.

В рассматриваемом цикле в целях повышения его эффективности предусматривается также внутренняя рекуперация тепла (Q_{4-1}) между потоками жидкого хладагента, поступающего из конденсатора в ресивер, и потоком паров, поступающих из испарителя в компрессор.

Теплообмен между потоками рабочего тела организован в рекуперативном теплообменнике 5 (рис. 2).

Термодинамический цикл (рис. 3) включает в себя следующие процессы: 5-1 – испарение хладагента в испарителе холодильной машины при температуре T_1 ; 1'-1 – перегрев паров в рекуперативном теплообменнике на θ_1 ; 1-2 – сжатие перегретых паров в компрессоре; 2-3''-4' – охлаждение и конденсация сжатых паров хладагента в конденсаторе при температуре T_2 ; 4'-4 – охлаждение жидкого хладагента, поступающего из ресивера, в рекуперативном теплообменнике на θ_4 ; 4-5 – дросселирование хладагента в испаритель.

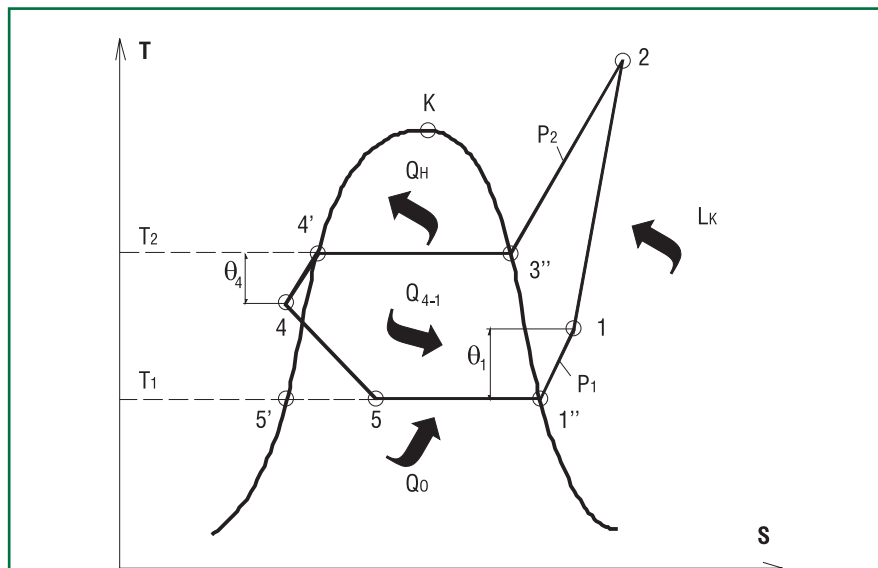


Рис. 3. T-S-диаграмма термодинамического парокompрессионного цикла трансформации тепловой энергии в тепловом насосе:

T – температура рабочего тела теплового насоса, К; S – энтропия рабочего тела теплового насоса, Дж/(кг·К)

Можно оценить сравнительную энергетическую эффективность применения теплонасосных циклов по отношению к прямому сжиганию топлива в целях теплофикации по коэффициенту эффективности

$$K_{\text{эфф}} = \frac{\Delta Q}{L_k} = \frac{(\epsilon_x + 1) \cdot \eta_{\text{ТЭ}} \cdot \eta_{\text{ЭМ}} - 1}{\eta_{\text{ТЭ}} \cdot \eta_{\text{ЭМ}}},$$

где ΔQ – разница между количеством тепловой энергии, генерируемой в теплонасосном цикле (Q_H), и количеством тепловой энергии, которую необходимо затратить в теплоэлектрогенерирующем цикле для получения электрической работы привода компрессора теплового насоса; L_k – полезная механическая работа на приводном вале компрессора; ϵ_x – холодильный коэффициент теплонасосного цикла; $\eta_{\text{ТЭ}}$ – КПД теплоэлектрогенерирующей установки; $\eta_{\text{ЭМ}}$ – КПД преобразования энергии в электроприводе компрессора из электрической в механическую.

Если использовать в качестве привода компрессора непосредственно вал энергетической установки, например, двигателя внутреннего сгорания (ДВС) или газотурбинной установки (ГТУ), можно принять это значение $\eta_{\text{ЭМ}} \approx 1$. В остальных случаях $\eta_{\text{ЭМ}} < 1$.

Коэффициент эффективности показывает эффект использования первичного топлива (биогаза) при применении теплонасосного цикла в целях теплофикации. Поступление механической энергии на привод компрессора теплонасосной установки выполняется путем преобразования теплоты сгорания биогаза в камерах сгорания энергетических установок в механическую работу. Этот процесс можно осуществить в газовом ДВС или в газотурбинном двигателе при непосредственном применении их в качестве привода компрессора, либо путем получения электрической энергии в цикле ТЭС с последующим применением электропривода. Поэтому можно сравнивать количество тепловой энергии, получаемой в тепловом насосе на единицу затраченной механической энергии, и тепловой энергии, затрачиваемой на единицу получаемой механической энергии в энергетических установках.

Анализ значений коэффициента эффективности позволяет устанавливать ограничения на область применяемых рабочих параметров для эффективного применения теплонасосных циклов. Положительные значения коэффициента эффективности свидетельствуют в пользу применения тепловых насосов. При отрицательных значениях коэффициента эффективности целесообразно применять другие технологические решения. По крайней мере, в этом случае более эффективным, чем тепловой насос, является прямое сжигание биогаза. Например, для осушения и охлаждения биогаза можно применять теплонасосный цикл при эффективной (то есть при $K_{эфф} > 0$) температуре конденсации ($< 90^\circ\text{C}$), но если при этом необходимо получать горячую воду более высоких параметров или водяной пар, то в этом случае эффективнее будет использовать дополнительные газовые водонагреватели или парогенераторы.

Повышения эффективности теплонасосного цикла также возможно добиться путем применения двухступенчатых или каскадных тепловых насосов, поскольку при этом можно увеличить холодильный коэффициент (ϵ_x), но это, однако, сопряжено с усложнением и соответствующим удорожанием применяемой техники.

Можно отметить, что особенно эффективным будет использование электрической энергии, получаемой из возобновляемых альтернативных источников, например, с использованием энергии ветра и т.п., что позволяет исключить использование биогаза как топлива на производство механической работы в тепловом насосе. Коэффициент эффективности при этом будет равен коэффициенту преобразования энергии в теплонасосном цикле:

$$K_{эфф} = (1 + \epsilon_x).$$

Коэффициент эффективности при этом всегда больше 1. Эффективность тепловой электроэнергетики определяется современным уровнем КПД: для угольных ТЭС $\eta_{ТЭ} \approx 43-45\%$; для газовых и парогазовых ТЭС $\eta_{ТЭ} > 60\%$ [2].

Процессы в парокompрессионном одноступенчатом теплонасосном

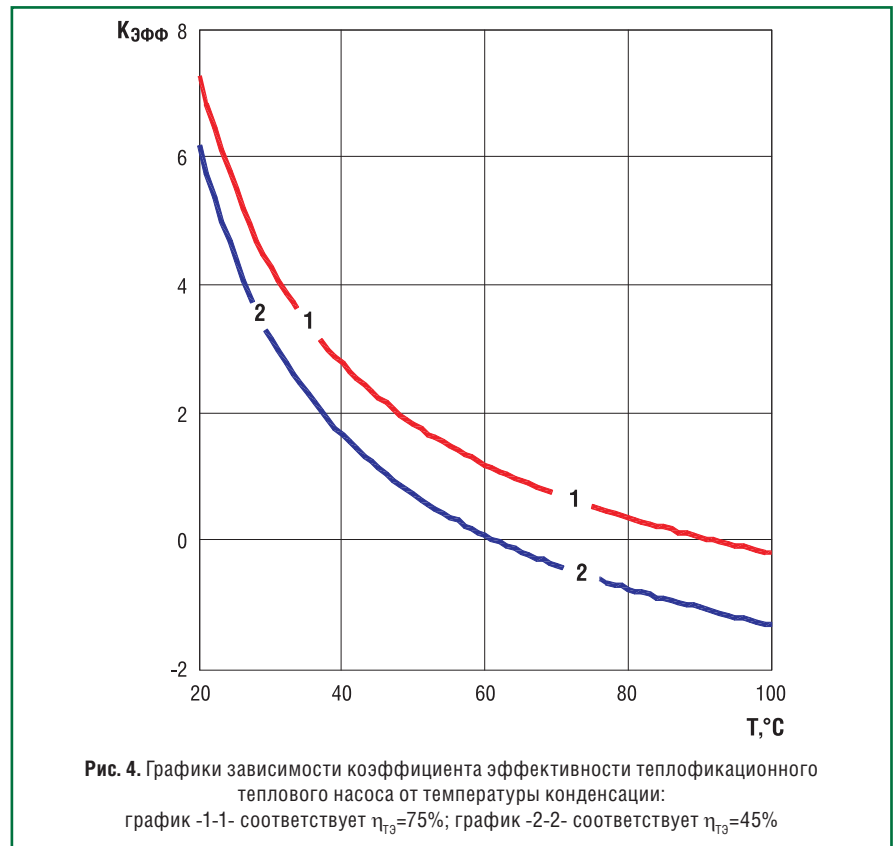


Рис. 4. Графики зависимости коэффициента эффективности теплофикационного теплового насоса от температуры конденсации: график -1-1- соответствует $\eta_{ТЭ}=75\%$; график -2-2- соответствует $\eta_{ТЭ}=45\%$

цикле были рассчитаны с использованием в качестве модельного рабочего тела хладагента R12, данные по термодинамическим и теплофизическим свойствам которого представлены наиболее полно в [3, 4]. Этот хладагент отличается достаточно высоким значением объемной холодопроизводительности, что обеспечивает компактность проектируемых машин. Многие хладагенты, применяемые в настоящее время, отличаются от галогенсодержащих углеводородов в лучшую сторону с экологической точки зрения, так как не содержат озон в атмосфере в фотохимических реакциях. В то же время они часто уступают R12 по удельным термодинамическим параметрам. Определение калорических и термических параметров состояния рабочего тела производилось методами интерполяции табличных данных, а также с применением уравнения состояния в форме вириального уравнения Боголюбова-Майера и других полуэмпирических уравнений, коэффициенты для которых подбирались для заданного модельного рабочего тела [3].

Результаты расчетов коэффициента эффективности представлены на рис. 4. Температура кипения хладагента в испарителе составляет $T_1 = 0^\circ\text{C}$; температура перегрева паров в рекуперативном теплообменнике $\theta_1 = 5^\circ\text{C}$. Верхняя кривая соответствует КПД энергетической установки $\eta_{ТЭ} = 75\%$; нижняя – $\eta_{ТЭ} = 45\%$. КПД преобразования электрической энергии в механическую составляет $\eta_{ЭМ} = 0,8$.

Коэффициент эффективности понижается с увеличением температуры конденсации, что связано с ростом затрат механической энергии. Повышения коэффициента эффективности можно добиться путем увеличения КПД теплоэнергетической установки. При КПД $\eta_{ТЭ} = 45\%$ эффективное использование теплового насоса возможно при значениях температуры конденсации $T_2 < 60^\circ\text{C}$, в то же время при КПД $\eta_{ТЭ} = 75\%$ область эффективных температур конденсации расширяется – $T_2 < 90^\circ\text{C}$.

Моделирование технических параметров теплофикационной теплонасосной машины, с помощью которой можно получать горячую воду за счет преобразования тепла, выделяемого при охлаждении генерируемого

полигонного биогаза с целью его осушения, производилось в следующей области изменения рабочих параметров:

- конечная температура охлаждаемого биогаза составляет 15°C ;

- температуру поступающего на осушение биогаза варьировали в диапазоне значений $-(25-40)^{\circ}\text{C}$;

- температура кипения рабочего тела в испарителе составляет 0°C ; это значение связано с конечной температурой охлаждаемого биогаза и экономически оправданным выбором минимального перепада температур в испарителе (15°C), так как теплообмен в испарителе идет между кипящим жидким хладагентом с одной стороны и газом с другой;

- температура конденсации принимала два значения – 65°C и 95°C , которые снизу и сверху ограничивают область, экономически целесообразную для теплофикации.

Был выбран экономически оправданный минимальный перепад температур в конденсаторе, равный 5°C , поскольку в конденсаторе теплообмен осуществляется между конденсирующимися парами хладагента, с одной стороны, и водой, с другой. Нижнее значение температуры конденсации ориентировано на получение минимально приемлемой температуры горячей воды (60°C) и составляло 65°C , а верхнее значение, позволяющее получить температуру горячей воды, равную 90°C , ограничивалось приемлемым с технической и термодинамической точек зрения уровнем давления сжатия, которое значительно растет при увеличении температуры конденсации. Хладагент R12, например, при температуре 95°C имеет давление насыщенных паров ~ 3 МПа, а при 0°C – $\sim 0,3$ МПа.

Некоторые результаты выполненных расчетов представлены графически на рис. 5 и 6, на которых наблюдается закономерный рост теплопроизводительности и потребляемой мощности теплонасосного цикла с увеличением температуры биогаза, поступающего с полигона. Прирост мощности и теплопроизводительности становится более интенсивным с увеличением температуры конденсации. Следует отметить, что

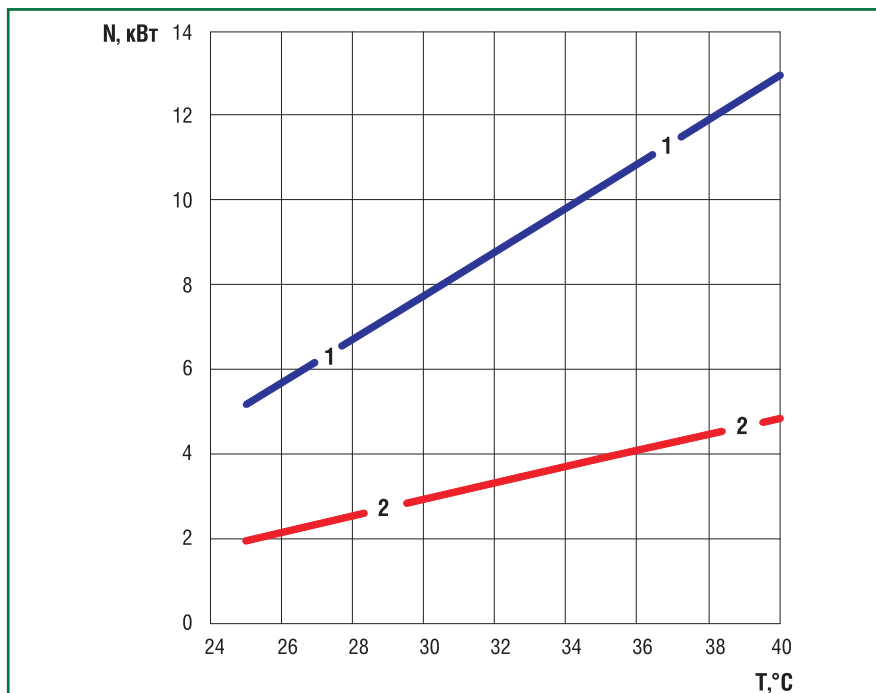


Рис. 5. Графики зависимости полезной мощности на валу привода компрессора теплового насоса от температуры биогаза:
 график -1-1- соответствует температуре конденсации $T_2=95^{\circ}\text{C}$;
 график -2-2- соответствует температуре конденсации $T_2=65^{\circ}\text{C}$

технические параметры при температуре конденсации рабочего тела в диапазоне от 65 до 95°C находятся в области значений, заключенных на представленных графиках в области между изображенными кривыми.

Верхние линии на обоих графиках соответствуют температуре конденсации 95°C , а нижние кривые – соответственно температуре конденсации 65°C . Этим температурам конденсации соответствуют следующие

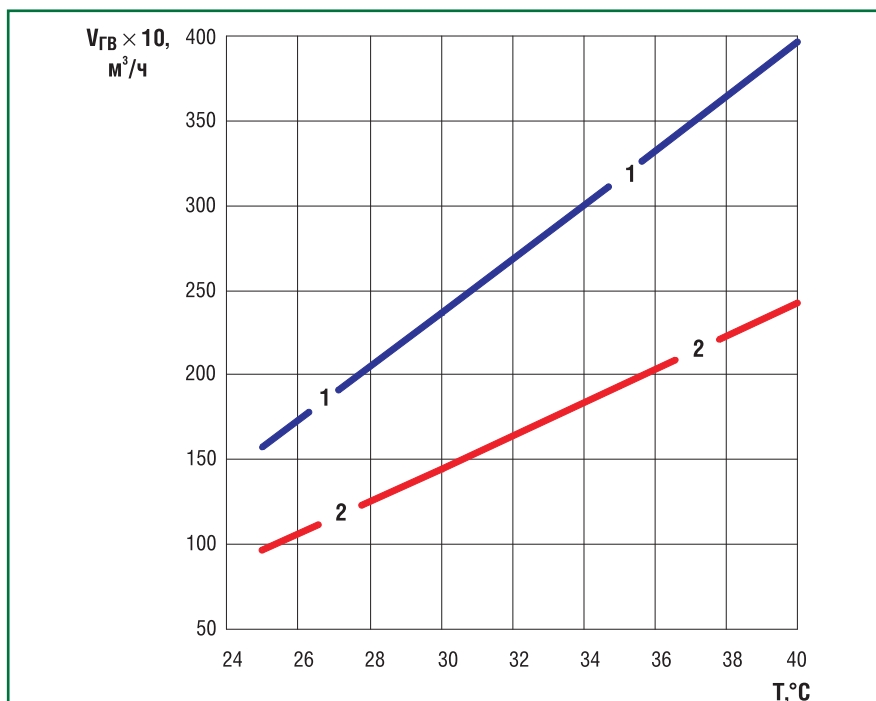


Рис. 6. Графики зависимости производительности теплового насоса по горячей воде от температуры биогаза:
 график -1-1- соответствует температуре конденсации $T_2=95^{\circ}\text{C}$;
 график -2-2- соответствует температуре конденсации $T_2=65^{\circ}\text{C}$

щие температуры получаемой горячей воды: 60°C и 90°C.

Теплопроизводительность теплового насоса в области изменения рабочих параметров лежит в диапазоне от 5 до 21 кВт. Количество получаемой горячей воды – от 100 до 400 л/ч. Объемная производительность компрессора теплового насоса, которая определяет массогабаритные параметры машины, в области изменения рабочих параметров находится в диапазоне от 20 до 100 м³/ч. Мощность привода компрессорной установки лежит в диапазоне от 2 до 13 кВт.

Полученные расчетным путем технические параметры теплонасосной установки для проектируемого полигона соответствуют параметрам стандартных малых паровых холодильных машин, что позволяет производить подбор серийно выпускаемого оборудования при технической реализации проекта. Результаты выполненного моделирования также обосновывают возможность осуществления энергетически эффективной теплонасосной теплофикации в исследованном диапазоне режимов при условии реализации проекта утилизации теплотворной способности биогаза в энергетической парогазовой электрогенерирующей установке с высокими значениями КПД.

Определенный интерес могут представлять некоторые направления повышения энергетической эффективности рассматриваемой схемы, например, привод компрессора можно осуществить прямо с помощью газового ДВС или ГТУ. Также можно отметить высокий эффект от применения альтернативных возобновляемых источников энергии, например, ветровых энергоустановок, что полноценно вписывается в современные концепции развития альтернативной энергетики [5].

Интересным направлением утилизации полигонного газа, альтернативным рассмотренному теплоэнергетическому применению, является также использование его в качестве автомобильного топлива, что актуально при выполнении программ планомерного снижения потребления ископаемого органического

топлива. Эффект достигается за счет его замещения энергетически эквивалентными объемами альтернативного топлива. Вопрос применения полигонного газа как топлива для двигателей внутреннего сгорания, возможно, требует проведения технико-экономических исследований, поскольку получаемый биогаз, по видимому, должен быть для этого подвергнут дополнительной очистке и подготовке в целях достижения необходимого качества. Например, необходимо освободить биогаз от примесей, снижающих его качество, таких как влага и углекислый газ, затем нужно произвести его сжатие или сжижение. Вовлекаемые при этом технические и экономические ресурсы необходимо сопоставить с затратами при других способах утилизации.

Обозначения

$K_{эфф}$ – коэффициент эффективности; N – мощность привода компрессора теплового насоса; Q_0 – тепло биогаза, охлаждаемого и осушаемого в испарителе, или холодопроизводительность теплового насоса; Q_H – тепло, которое выделяется при охлаждении и конденсации сжатых компрессором паров в конденсаторе, или теплопроизводительность теплового насоса; $Q_{4,1}$ – внутренняя рекуперация тепла между потоками жидкого хладагента, поступающего из конденсатора в ресивер, и потоком паров, поступающих из испарителя в компрессор; T_1 – температура кипения хладагента в испарителе; T_2 – температура конденсации сжатых паров хладагента в конденсаторе; $V_{гв}$ – объемный расход получаемой горячей воды в конденсаторе теплового насоса; θ_1 – температура перегрева паров в рекуперативном теплообменнике; θ_4 – температура охлаждения жидкого хладагента, поступающего из ресивера, в рекуперативном теплообменнике.

Выводы

1. Контролируемая добыча и утилизация полигонных газов представляет собой, по-видимому, безальтернативный путь снижения экологической опасности при эксплуатации современных полигонов ТБО.

2. Подтверждена эффективность утилизации биогаза для получения электрической и тепловой энергии на полигоне.

3. Определены условия повышения энергетической эффективности рассмотренной технологии при применении теплонасосных установок в целях теплофикации.

4. Применение альтернативных источников энергии, получаемых из отходов или низкопотенциальных источников вторичной тепловой энергии, позволяет снижать потребление ископаемого органического топлива, что должно оказывать положительное воздействие на динамику антропогенных экологических нагрузок.

5. Биогаз может также использоваться как альтернативное моторное топливо на транспорте.

Литература

1. Лозовецкий В.В., Дугин Г.С., Малышев Е.В. Методы использования биогаза (в качестве возобновляемого источника энергии), являющегося продуктом полигонного захоронения отходов. Журнал «Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций». М.: ВИНТИ. 2010. № 1. – С. 85-95.
2. Филиппов Г.А. Состояние и проблемы развития атомной энергетики. Доклад на международной научной конференции «Глобальные проблемы современной энергетики». – Москва, 2006. – С. 33-37.
3. Теплофизические основы получения искусственного холода. – Справочник из серии справочников «Холодильная техника» под ред. Быкова А.В., Гоголина А.А. и др. М.: Изд-во: «Пищевая промышленность», 1980. – 231 с.
4. Данилова Г.Н., Филаткин В.Н., Щербов М.Г., Бучко Н.А. Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности. М.: Агропромиздат, 1986. – 288 с.
5. Никитин А.Т. Проблемы создания альтернативной энергетики. Доклад на международной научной конференции «Глобальные проблемы современной энергетики». – Москва, 2006. – С. 117-124.

Методологические аспекты улучшения экологической безопасности автотранспортных средств

А.М. Сайкин, зав. отделом ФГУП «НАМИ», к.т.н.

В работе рассматриваются методологические вопросы улучшения экологической безопасности автотранспортных средств (АТС). Отмечается необходимость гармонизации номенклатуры вредных веществ (ВВ) при нормировании удельных выбросов ВВ с отработавшими газами и предельно допустимых концентраций (ПДК) ВВ в воздухе населенных мест, а также высокая значимость очистки воздуха в кабинах АТС.

Ключевые слова: АТС, удельные выбросы, отработавшие газы, вредные вещества, требования «Евро», оксиды азота, диоксид азота, пыль.

The methodological aspects of vehicle environmental safety improvement

A.M. Saikin

The methodological aspects of vehicle environmental safety improvement are discussed. It is essential to harmonize the nomenclature of harmful components in the motor vehicle emission for regulation of its specific values and maximum concentration limits in the city atmosphere. The significance of air purification in the vehicle cab is demonstrated.

Keywords: vehicle, emission of air pollutants, specific emission, harmful components, European emission standards, oxides of nitrogen, nitrogen dioxide, dust.

Снижение негативного воздействия автотранспортных средств на человека и окружающую среду (ОС) является одной из актуальных проблем современности, особенно в городских условиях. Внедрение альтернативных моторных топлив позволяет уменьшить выбросы вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) АТС, которые регламентируются в настоящее время в РФ требованиями «Евро-3», а с 2012 г. – требованиями «Евро-4». Вместе с тем, эффективность проводимых мероприятий по улучшению экологической безопасности АТС не может достаточно объективно рассчитываться с помощью действующих

методик ее оценки из-за методологических противоречий нормативов по ограничению удельных выбросов ВВ с ОГ АТС и гигиенических норм предельно допустимого содержания ВВ в атмосфере населенных мест и в воздухе салонов (кабин) АТС.

Результаты загрязнения атмосферных крупных городов, в значительной мере зависящие от автомобильного транспорта, оцениваются с помощью систем мониторинга воздушной среды (в Москве – «Мосэкомониторинг») по результатам постоянного измерения содержания ВВ в воздухе жилых застроек, промышленных зон, вблизи автодорог и сравниваются с

предельно допустимыми концентрациями, установленными гигиеническими нормативными документами [1, 2].

Данные о приоритетности ВВ, принятых в регламентах экологической и активной безопасности АТС в зарубежных и российских требованиях по качеству воздушной среды, в том числе по загрязнению воздуха ВВ в салонах (кабинах) АТС, а также перечень основных ВВ, загрязнение которыми воздушной среды в крупных городах РФ в периоды плотного движения часто превышает гигиенические нормативы, приведены в табл. 1.

В Москве среднегодовые концентрации формальдегида, твердых частиц (ТЧ), фенола, NO_2 , озона превышают гигиенические нормативы в 4,7; 2,7; 1,8; 1,6; 1,2 раза [3].

Приведенные данные свидетельствуют о различии номенклатуры ВВ при проведении мониторинга ОС и при нормировании выброса ВВ с ОГ АТС. Эти различия касаются в первую очередь оксидов азота (в первом случае контролируется содержание в воздухе NO и NO_2 , во втором – NO_x) и твердых частиц (в ОГ АТ ограничивают содержание ТЧ, концентрация которых в общей массе пыли в воздухе не превышает 5-10% [1,4]). Другие ВВ (например, формальдегид, озон) не являются приоритетными при оценке экологической безопасности АТС, но по своему содержанию в воздушной среде городов и, соответственно, по оказываемому вредному воздействию на человека являются более значимыми, чем нормируемые в ОГ CO , CH_x .

В 2002 г. в Москве по данным измерений «Мосэкомониторингом» фоновое загрязнение воздуха ситуация оценивалась как благоприятная в течение 64 дней в году (фоновое загрязнение воздуха не превышало гигиенических нормативов), как умеренная – в течение 124 дней в году (то есть загрязнение воздушной среды города было на уровне нормативов) и как неблагоприятная – в течение 176 дней в году [3]. По данным «Мосэкомониторинга» загрязнение воздушной

Таблица 1

Данные о номенклатуре ВВ, установленных в требованиях к экологической и активной безопасности АТС, к качеству воздушной среды населенных пунктов и при загрязнении воздушной среды в городах

Нормируемые вредные вещества	Экологическая безопасность АТС (Правила ЕЭК ООН, специальный регламент, ГОСТы РФ)	Активная безопасность АТС (загрязнение воздуха в салонах – ГОСТ Р 51206-2004)	Требования по качеству воздушной среды ВОЗ, нормативов США, РФ	ВВ, содержание которых в атмосфере городов РФ превышает ПДК [1]
NO _x	+(в ОГ)			
NO		+	+	
NO ₂ *		+	+	+
ТЧ в ОГ АТС	+(в ОГ)			
Пыль в атмосфере			+	+
CO *	+(в ОГ)	+	+	+
CH _x	+(в ОГ)	+	+	
ПАУ	+(в топл.)		+	
SO ₂ *	+(в топл.)		+	+
Свинец *	+(в топл.)		+	
O ₃ *			+	+
Бенз(а)пирен			+	+
Формальдегид		+	+	+

Примечание. * – Вредные вещества, признанные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в качестве «классических» загрязнителей воздуха.

среды «вблизи автотрасс» больше фоновому [5].

С учетом вышеизложенного, а также приведенных ниже данных, можно утверждать, что вредное воздействие АТС на человека следует оценивать не

только по фоновому загрязнению воздуха, но и по загрязнению воздушной среды над проезжей частью автодорог и в салонах АТС.

В 1988 г. были опубликованы данные [6] о том, что средние concentra-

ции CO на автомагистралях составляли 6-57 мг/м³ (норма – 5 мг/м³), максимальные – 170-230 мг/м³, в тоннелях они достигали 290-600 мг/м³. В гаражах, особенно многоэтажных, с принудительной вентиляцией

Таблица 2

Содержание CO (мг/м³) в воздушной среде в Москве

Место измерения	Организация, автор публикации				
	НИЦИАМТ Бульчечева З.Ю. [7]	МАДИ Луканин В.Н. [10]	МАДИ Григорьева Т.Ю. [11]	МАДИ Трофименко Ю.В. [9]	«За рулем» Твердунов И. [8]
Проезжая часть дороги		35,0	63,0	16,0	50,0 (72,0)*
Тоннели				До 120,0 и более	
Салон АТ	35,0 (79,1)*		12,0		30-70,0 (72,0)
Внутри гаража (ворота открыты)	(1700,0)*				

Примечание. * Без скобок – средняя концентрация, в скобках – максимально измеренная.

Таблица 3

Содержание NO, NO₂, NO_x (мкг/м³) в воздушной среде в Москве

Место измерения	Организация, автор публикации								
	НИЦИАМТ Бульчечева З.Ю. [7]			МАДИ Луканин В.Н. [10]		МАДИ Григорьева Т.Ю. [11]	МАДИ Трофименко Ю.В. [9]		«За рулем» Твердунов И. [8]
	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO ₂	NO	NO ₂	NO _x
Проезжая часть дороги				До 2,88	До 1,955	До 1,63	До 1,0	До 0,45	До 10,3
Тоннели							до 3,0	до 2,13	
Салон АТ	1,2 (5,9)*	0,5 (1,1)*	1,5 (6)*						До 10-12

Примечание. * Без скобок – средняя концентрация, в скобках – максимально измеренная.



концентрации СО в воздухе достигали 2000 мг/м³ (в местах парковки АТС со стороны вытяжных вентиляционных каналов). В наземных гаражах в часы выезда АТС содержание СО в воздухе достигало 170-200 мг/м³, в подземных гаражах средняя концентрация СО составляла 112 мг/м³, максимальная – 570 мг/м³.

В настоящее время, несмотря на предпринимаемые меры по снижению выбросов ВВ с отработавшими газами АТС и достигнутые в этом плане серьезные результаты, содержание СО в атмосфере и особенно в зонах концентрации АТС на ограниченных территориях (автодороги, места с ограниченным воздухообменом, включая надземные, подземные гаражи, тоннели, склады и т.д.) существенно не изменилось. Это подтверждают публикации последних лет (табл. 2, 3).

По нашим данным, хорошо согласующимся с зарубежными данными, наибольшее загрязнение воздуха в кабинах (салонах) имеет место в легковых автомобилях, далее следуют по мере снижения концентрации вредных веществ в воздухе салоны микроавтобусов, автобусов, троллейбусов, трамваев, метро, железнодорожных поездов.

При этом, если в кабинах (салонах) легковых автомобилей, автобусов, троллейбусов, трамваев содержатся все вредные вещества в их ожидаемых пропорциях (СО, NO_x, CH_x, ТЧ и т.д.), то в кабинах поездов метро и железнодорожных поездов содержание газовых компонентов (СО, NO_x, CH_x) меньше, при этом содержание твердых частиц на порядок больше, а канцерогенов (толуол и др.) – в 2-3 раза больше [12]. Таким образом, проблема загрязнения воздуха кабин всех перечисленных видов транспорта стоит очень остро, но в зависимости от типа транспортного средства имеет свою специфику.

Из приведенных данных однозначно следует, что загрязнение воздушной среды над проезжей частью дорог значительно выше фоновое, а в салонах АТС оно может быть в

несколько раз больше, чем снаружи (то есть в воздухе над проезжей частью).

Сверхнормативное загрязнение воздуха ВВ в салонах и кабинах АТС приводит к ухудшению самочувствия, головной боли, потере слуха, снижению реакции, сонливости, что ведет к снижению производительности труда и увеличению дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [1, 10-13].

По степени вредного воздействия на организм человека NO и NO₂ относятся к вредным веществам 3-го класса опасности, но NO₂ является в 4,75 раза более токсичным, чем NO [12-16]. NO вызывает превращение гемоглобина крови в метгемоглобин и действует на центральную нервную систему. NO₂, N₂O₄ раздражают легкие, вызывая их отек. Оксиды азота, в первую очередь NO₂, вызывают

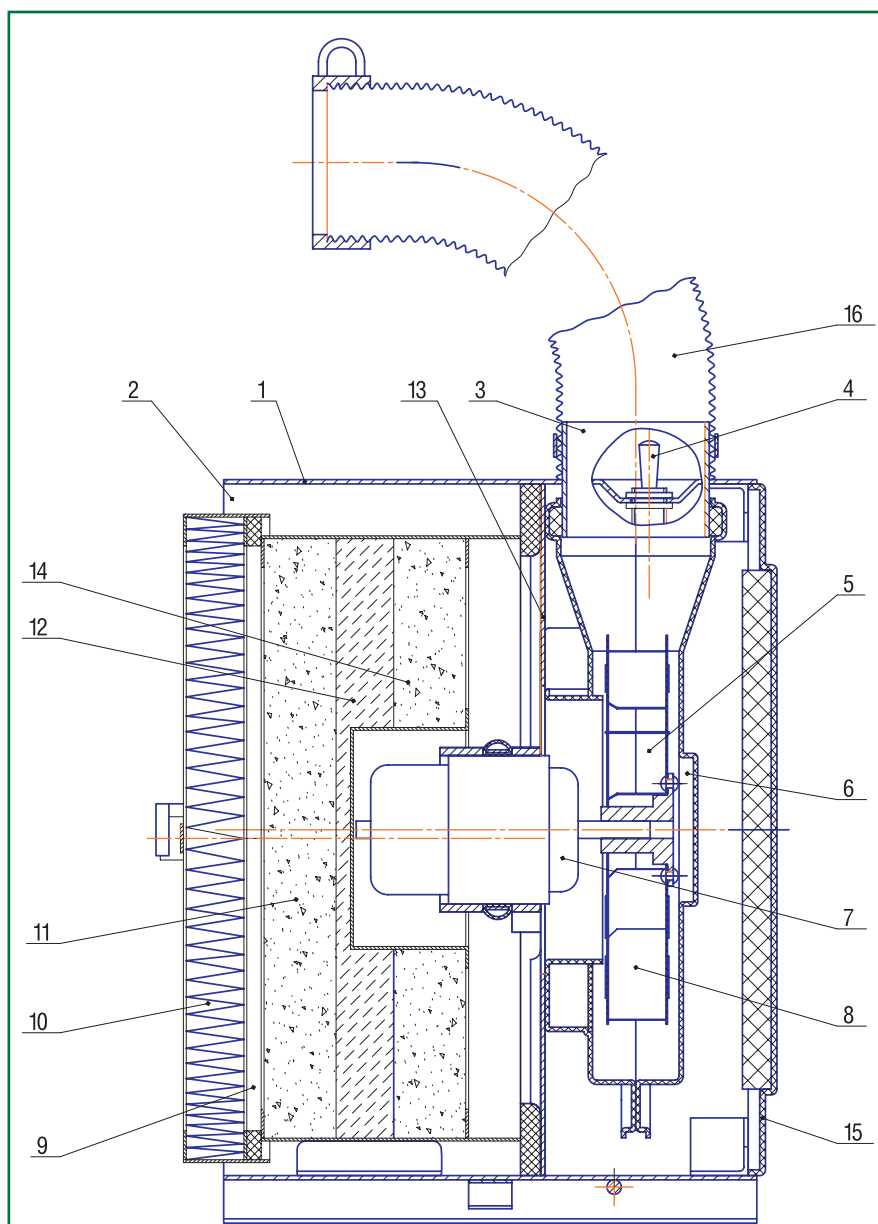


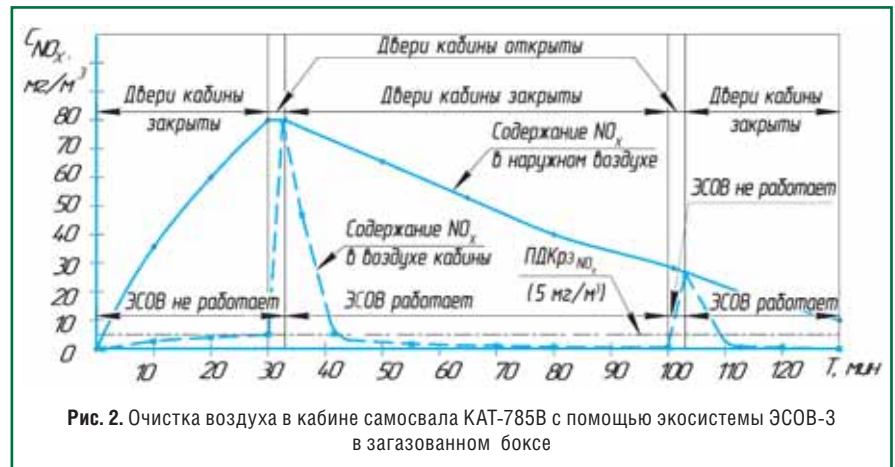
Рис. 1. Конструкция экосистемы ЭСОВ-3:

- 1 – корпус экосистемы; 2 – входное окно; 3 – выходное окно; 4 – пульт управления;
- 5 – вентилятор; 6 – корпус вентилятора; 7 – электродвигатель; 8 – нагнетательное колесо с лопатками; 9 – блок очистки воздуха; 10 – фильтрующий от пыли элемент; 11 – фильтрующий элемент по углеводородам; 12 – сорбирующий элемент от оксидов азота; 13 – внутренняя перегородка с центральным отверстием; 14 – каталитический элемент очистки от монооксида углерода; 15 – шумопоглощающий кожух с шумопоглощающим покрытием; 16 – гибкий элемент (воздуховод) для подачи очищенного воздуха в зону дыхания водителя

необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе. В соединении с углеводородами они образуют токсичные нитроолефины. Воздействие NO_2 на организм человека нельзя ослабить никакими нейтрализующими средствами. При хроническом отравлении наблюдаются воспалительные заболевания слизистых оболочек верхних дыхательных путей, хронические бронхиты, реже – мышечная и сердечная слабость, нервные расстройства [12, 14-16].

Большинство российских ученых считают, что твердые частицы ОГ являются вторыми по значимости ВВ после оксидов азота. Атмосферные ТЧ, включающие и ТЧ ОГ дизелей, проникают в носовые и бронхиальные каналы, где скапливаются и отвердевают. В носу, горле и легких они действуют как сильнейшие раздражители. Мелкие ТЧ проникают в самые глубокие отделы легких, а самые мелкие поглощаются кровью. Медицинские исследования, проведенные в США, связывают воздействие повышенных уровней ТЧ с обострением таких заболеваний, как астма и других серьезных недугов [12]. Число преждевременно умерших в США от воздействия ТЧ составляет ежегодно десятки тысяч человек [12].

В городах, особенно в мегаполисах, доля АТС в общем выбросе СО достигает 95-98% [1, 12]. В совокупности с более чем 1000 разновидностей ВВ, идентифицированных в ОГ АТС, СО оказывает гораздо более выраженный токсический эффект, чем при изолированном действии [1, 12]. Эффект синергизма (усиление вредного воздействия) установлен при совместном присутствии в воздухе СО и NO_x как при низких (на уровне ПДК), так и при высоких (смертельные дозы) их концентрациях. При этом токсичность NO_x возрастает в три раза, а СО – в полтора раза [14]. Установлено, что отравление водителей СО является причиной ДТП [17, 18]. Имеются также данные о том, что СО занимает первое место среди причин отравления экипажей самолетов и в 19% случаев становится причиной авиакатастроф.



В соответствии с опубликованной статистикой в 2000 г. в США из-за отравления СО ежегодно умирало около 500 чел. во время езды в салонах АТС [12].

Вся вышеизложенная информация говорит о том, что фактическое вредное воздействие автотранспортных средств на человека существенно отличается от теоретического, рассчитанного на определенное фоновое загрязнение воздуха. Рассматриваемая проблема является более глубокой и сложной. Из сказанного следует, что автотранспортное средство может считаться «экологически чистым» только в том случае, если, во-первых, выброс ВВ с ОГ у него соответствует самым жестким экологическим стандартам и, во-вторых, содержание ВВ в воздухе салона (кабины) также соответствует гигиеническим нормативам. Последнее условие не выполняется у всех моделей АТС, даже у электромобилей, так как современные системы «климат-контроля» и их салонные фильтры не очищают воздух в салонах от оксида углерода и оксидов азота, а также малоэффективны по отношению к тонкой пыли (размером менее двух микрон) и углеводородам.

В сложившихся в настоящее время условиях езды в городе с автомобильными пробками для очистки воздуха в салонах АТС должны быть разработаны устройства, обеспечивающие гарантированную очистку воздуха от любых ВВ до уровня требований самых жестких

гигиенических стандартов. Одно из таких устройств – экосистема очистки воздуха (ЭСОВ-3) – представлено на рис. 1.

Экосистема очистки воздуха состоит из корпуса 1 с входным 2 и выходным 3 окнами. В корпусе имеется пульт управления 4, размещенный в зоне выходного окна, заглубленный заподлицо в корпус 1 системы. В корпусе 1 размещены также: вентилятор 5 с корпусом 6, электродвигателем 7, закрепленным на внутренней перегородке 13, и нагнетательным колесом с лопатками 8, блок очистки воздуха 9 с фильтрующими элементами от пыли 10 и сорбирующим элементом 11 от углеводородов (акролеина, формальдегида и др.). Блок очистки воздуха 9 дополнительно содержит сорбирующий элемент 12 от оксидов азота, а также, при необходимости, каталитический элемент 14 очистки от монооксида углерода.

Испытания экосистемы ЭСОВ-3 в кабине самосвала КАТ-785 проводились в условиях бокса с предельным сверхнормативным загрязнением наружного воздуха оксидами азота на уровне 80 мг/м^3 (16 ПДК рабочей зоны). Результаты испытаний ЭСОВ-3 в режиме рециркуляции показали высокую эффективность работы экосистемы, обеспечивающую достижение нормативного содержания NO_x в воздухе кабины в течение 10 мин (рис. 2).

Аналогичные данные получены по очистке от монооксида углерода, суммарных углеводородов, тонкой пыли.

Данными установками оборудуются весь карьерный автотранспорт в карьерах глубиной от 400 до 650 м, а также ряд моделей легковых автомобилей, эксплуатируемых в городах.

Из изложенного выше следует, что автотранспортное средство не может считаться экологически чистым, если выбросы ВВ с ОГ у него не соответствуют экологическим стандартам, а содержание ВВ в воздухе салона (кабины) не соответствует гигиеническим нормативам. Решению этой проблемы в настоящее время не уделяется должного внимания. Учитывая значимость проблемы, можно утверждать, что в ближайшем будущем она должна решаться опережающими темпами, а системы очистки воздуха в салонах АТС должны применяться на автомобилях так же, как кондиционеры и системы «климат-контроля», обеспечивая тем самым комфортные и безопасные условия езды водителей и пассажиров в АТС в соответствии с гигиеническими требованиями.

Представленные данные свидетельствуют также о том, что оценки экологической безопасности АТС и эффективности мер по ее усилению требуют методологического совершенствования.

Литература

1. **Фомин Г.С., Фомина О.Н.** Воздух. Контроль загрязнений по международным стандартам. Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Протектор, 202. – 432 с.
2. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 2000 году». – М.: Государственный центр экологических программ, 2001.
3. Моя Москва, № 1, 2004 г. – С. 32, 33, 50.
4. **Рузаев И.Г.** Исследование и разработка воздухоочистителей с фильтрующими элементами из картона с целью повышения эксплуатационной надежности автомобильных двигателей: Дис. канд. техн. наук. – М.: НАМИ, 1988. – 246 с.
5. [www/mosecom.ru/rel.html](http://www.mosecom.ru/rel.html)
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп. Справочное изд. – А.Л. Бандман, Г.А. Гудзовский, Л.С. Дубейковская и др., под ред. В.А. Филова и др., Л.: Химия, 1988. – 512 с.
7. **Будкин А., Булычева З.Ю.** Фильтр противогАЗа не заменит. – За рулем. – 1998, № 10. – С. 37-39.
8. **Твердунов И.** Дышите глубже. – За рулем. – 1998, № 5. – С. 14-18.
9. **Трофименко Ю.В., Лобиков А.В., Боксерман М.А. и др.** Комплексный мониторинг транспортного загрязнения территории крупного города: Труды докладов научно-технической конференции «Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса». – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – С. 110-114.
10. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. – Т.3. – М.: РБООИП «Просвещение», 2001. – Выпуск 2. – С. 448.
11. **Григорьева Т.Ю.** Повышение надежности транспортных человеко-машинных систем управления на примере городских автобусов: Дис. канд. техн. наук. – МАДИ, М.: – МАДИ – 2006. – 141 с.
12. The International Center for Technology Assessment. Report. In-Car Air Pollution – Washington: DC, 2000. – July. – P. 41.
13. Воздействие на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрoлогические аспекты. В двух томах. – Под ред. Исаева Л.К. – Том 1. – М.: ПАИМС, 1997. – 512 с.
14. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. – Изд. 7-е. В трех томах. Том III.: Л.: Химия, 1977. – 608 с.
15. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.686–98. Гигиенические нормативы. – М: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России. – Минздрав РФ Д998, 1998. – 207 с.
16. ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 75 с.
17. **Тиунов Л.А., Кустов В.В.** Токсикология окиси углерода. – М.: Медицина, 1980. – 285 с.
18. **Остапенко Л.А.** Экологическая обстановка и состояние здоровья населения в современном городе. Региональные проблемы устойчивого развития России. – Сборник научных трудов. – М.: МГУЛ, 2004. – С.208-209.

Саровский «Микрометан» создаст промышленный образец микро-АГНКС

8 апреля 2010 г. ООО «Микрометан» (г. Саров, Нижегородская область) получил 40 млн. руб. для создания промышленного образца автоматической микрогазонаполнительной станции (микро-АГНКС) «ММ-1».

Региональный венчурный фонд инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере Нижегородской области предоставил средства саровскому предприятию ООО «Микрометан» в форме вхождения

венчурного фонда в уставный капитал организации. Планируется, что средства пойдут на создание промышленного образца данной установки. О серийном производстве можно будет вести речь тогда, когда проектом заинтересуется крупный инвестор. Согласно информации на сайте ООО «Микрометан», на реализацию проекта необходимо 380 млн. руб.

Мини-АГНКС «ММ-1» предназначена для заправки автотранспорта КПГ

с применением наносистем на новом типе носителя собственного производства очистки и осушки природного газа.

Первые разработки таких АГНКС (они назывались гаражные) велись в России в середине 90-х гг., но в серию не пошли из-за отсутствия спроса. В настоящее время существуют несколько зарубежных вариантов подобного вида устройств, продаваемых в других странах мира. Однако они пока не получают широкого распространения в России из-за высокой цены, а также из-за сложности обслуживания и низкого ресурса работы, который требует замены ключевых деталей через каждые шесть месяцев работы станции.

http://www.i-mash.ru/news/nov_predpr/8103-sarovskij-mikrometan-sozdast-promyshlennyj.html

Авторы статей в журнале № 3 (15) 2010 г.

Новак Павел,
менеджер Чешской газовой ассоциации,
ул. Новодворская (Novodvorska) 803/82, 142 00 Прага
(Prague) 4, Чешская Республика,
телефон: +420 241 049 725, факс: +420 222 518 811,
моб. телефон: +420 731 502 093,
Интернет-сайт: www.cgoa.cz, www.cng.cz

Хачиян Алексей Сергеевич,
профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н., e-mail: khach@dvs.madi.ru

Синяевский Владимир Викторович,
доцент МАДИ (ГТУ), к.т.н., р.т. 8 (499) 155-08-80

Шишлов Иван Геннадьевич,
младший научный сотрудник МАДИ (ГТУ), к.т.н.,
р.т. 8 (499) 155-08-80

Карпов Данила Михайлович,
аспирант МАДИ (ГТУ), р.т. 8 (499) 155-08-80

Страхов Валерий Леонидович,
зам. генерального директора ЗАО «Теплоогнезащита»,
профессор, д.т.н., м.т. 8 905 502-72-60,
раб. (495) 721-26-78, strakhovvl@rambler.ru

Заикин Сергей Веньяминович,
начальник отдела ЗАО «Теплоогнезащита»,
раб. тел. (495) 721-26-78, моб. (905) 538-90-66,
zaikin.tognez@rambler.ru

Патрахальцев Николай Николаевич,
профессор Университета дружбы народов, д.т.н.,
р.т. 952-67-87, д.т. 680-16-88, м.т. 8-916-203-10-13,
e-mail: nikpatrah@mail.ru

Чистяков Игорь Геннадьевич,
директор по продажам оборудования для АГНКС
Представительства компании «Dresser Wayne» (Москва),
e-mail: Igor.Chistyakov@dresser.com

Вандер Александр Симхович,
генеральный директор ЗАО «Комптех», к.ф.-м.н.,
р.т. 8 (812) 320-05-11

Никулин Михаил Викторович,
руководитель направления АГНКС ЗАО «Комптех»,
8 (812) 320-05-66, м.т. 8 911 982-02-09

Хайрудинов Рустам Вагизович,
ведущий специалист отдела ГБО ООО «ПариТЭК»,
8 (8552) 77-89-55, м.т. 8 960-078-83-81

Певнев Николай Гаврилович,
зав. кафедрой, профессор Сибирской
автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), д.т.н.,
8 (3812) 65-15-54, м.т. 8 913-970-47-79

Кириллов Валерий Александрович,
зав. лабораторией института катализа
Сибирского отделения РАН, д.т.н.,
8 (383) 330-61-87, 8 913-748-72-15

Бризицкий Олег Федорович,
зам. главного конструктора РФЯЦ «ВНИИЭФ»,
8 (83130) 226-89

Бурцев Владимир Александрович,
главный конструктор ООО «Газомотор-Р»
Россия, г. Рыбинск Ярославской обл.
Домашний адрес: Россия, 152919, г. Рыбинск,
Ярославской области, ул. Волоцкая, 11-9.
Тел./факс: +7 (4855) 55-17-62;
e-mail: v_burtsev@mail.ru

Федоров Алексей Львович,
кандидат технических наук, старший
научный сотрудник лаборатории технико-
экономических исследований ОАО «Гипрониигаз»,
раб. тел.: (8452) 74-95-05;
e-mail: A-L-Fedorov@mail.ru

Вольнов Юрий Николаевич,
начальник технического отдела,
помощник технического директора ОАО «Гипрониигаз»,
раб. тел. (8452) 74-95-71

Гордеева Роза Петровна,
консультант по проектированию,
строительству и эксплуатации объектов
СУГ ОАО «Гипрониигаз»,
технический директор ООО «Еврогалс»,
раб. тел. (8452) 27-10-49, 72-17-40

Ерохов Виктор Иванович,
проф. МГТУ «МАМИ», д.т.н.,
e-mail: PDO@mami.ru

Грехов Леонид Вадимович,
доктор технических наук, профессор кафедры
«Поршневые двигатели» Московского
государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана),
8 916-237-89-40, 8 (499) 265-78-92, 263-68-41

Марков Владимир Анатольевич,
профессор Московского государственного
технического университета им. Н.Э. Баумана
(МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н.,
тел. моб. 8 917 584-49-54

Лозовецкий Вячеслав Владимирович,
д.т.н., профессор; Московский государственный
университет леса. 141018, Мытищи,
Московская область, ул. Летная, д. 23, кв. 123.
Тел. 581-41-26; e-mail: lozovetsky@mail.ru

Лебедев Владимир Владимирович,
доцент Московского государственного университета
леса, к.т.н., 318-44-51, м.т. 8 903-016-36-71

Мальшев Евгений Викторович,
главный инженер леспромхоза
(Владимирская область),
р.т. (0423) 54-11-73, 8 910-403-23-66

Сайкин Андрей Михайлович,
зав. отделом ФГУП «НАМИ», к.т.н., 8 916-927-44-60

Contributors to journal issue No. 3 (15) 2010

Pavel Novak,
NGV Manager, Czech Gas Association
Novodvorska, 803/82, 142 00 Prague 4,
Czech Republic,
tel.: +420 241 049 725, fax: +420 222 518 811,
m. tel.: +420 731 502 093, www.cgoa.cz, www.cng.cz

Khachiyani Alexey S.,
e-mail: khach@dvs.madi.ru

Strakhov Valery L.,
deputy general director in CJSC "Teploognezashita",
doctor of technical science, professor,
+7 (495) 721-26-78, m. t. (905) 502-72-60,
strakhovvl@rambler.ru

Zaikin Sergey V.,
head of department in CJSC "Teploognezashita",
tel: (495) 721-26-78, m. tel. (905) 538-90-66,
zaikin.tognez@rambler.ru

Patrahaltsev N.N.,
Dr.Sc., prof. of Department of Thermotechnics and
Thermal Engines of RPFU, Russian Peoples' Friendship
University (RPFU), Moscow,
e-mail: nikpatrah@mail.ru

Chistyakov Igor G.,
Director of Sales of equipment for CNG representation
of the company «Dresser Wayne» (Moscow),
e-mail: Igor.Chistyakov@dresser.com

Alexander Vander,
General Director CompTech, JSC, tel. 8 (812) 320-05-11

Michael Nikulin,
Head of Direction of NGV-Refueling Stations
Comptech, JSC,
tel. 8 (812) 320-05-66, m. tel. 8 911 982-02-09

Khairutdinov Rustam V.,
tel. 8 (8552) 77-89-55, m. tel. 8 960-078-83-81

Pevnev N.G.,
professor, head of the chair Siberian automobile and
Highway academy, the doctor of engineering science,
city of Omsk; 8 913 970-47-79

Kirillov V.A.,
head of labs of institute of catalysis
of the Siberian separation of the Russian
academy of sciences, the doctor of engineering
science, City of Novosibirsk,
8 (383) 330-61-87, 8 913-748-72-15

Brizitskii O.F.,
deputy chief constructor of the Russian federal kernel
center, 8 (83130) 226-89

Burtsev Vladimir,
Chief Designer of OOO Gazomotor-R,
tel./fax: +7 (4855) 55-17-62,
e-mail: v_burtsev@mail.ru

Fedorov Alexey L.,
Candidate of Science, Senior researcher of the laboratory
for technical-economic investigations, Giproniigaz Plc.,
office number: (8452) 74-95-05;
E-mail: A-L-Fedorov @ mail.ru

Volnov Yury N.,
Chief of technical department, Assistant technical
director, Giproniigaz Plc., office number: (8452) 74-95-71

Gordeyeva Roza P.,
Consultant on designing, building and operation of LHG
facilities, Giproniigaz Plc, Technical director, Evrogals
Ltd., office number: (8452) 27-10-49, 72-17-40

Erohov 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

Grekhov L.V.,
D. Sc. (Eng.), professor of «Piston Engines»
department of the Bauman Moscow State Technical
University, 8 916-237-89-40,
8 (499) 265-78-92, 263-68-41

Markov Vladimir A.,
D. Sc. (Eng.), professor of «Heat Physics» department
of the Bauman Moscow State Technical University,
8 917 584-49-54

Lozovetsky Vyacheslav,
Doctor (Tech.), professor, Moscow State Forest
University, Ten. 581-41-26; e-mail : lozovetsky@mail.ru

Lebedev Vladimir V.,
Ph. D., Moscow State Forest University,
318-44-51, m. tel. 8 903-016-36-71

Malyshev Eugeny V.,
Ing., + 7 (0423) 54-11-73, 8 910-403-23-66

Saikin Andrey M.,
FGUP «НАМИ», head of department, candidate of
technical science, 8 916-927-44-60

Подписка – 2010

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 115304, Москва, ул. Луганская, д. 11.
Тел.: 321-50-44, 363-94-17, e-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru, transport.er@oeg.gazprom.ru • www.ngvrus.ru

Уважаемые читатели!
Продолжается подписка на 2010 г.

Расценки на подписку на 2010 г. (с учетом почтовых расходов)	Годовая, 6 номеров	Полугодовая, 3 номера
Россия	2970 руб. (2700 руб. + 10% НДС)	1485 руб. (1350 + 10% НДС)
Страны СНГ: Азербайджан, Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Украина	2970 руб. (120 долл. США или 80 евро)	1485 руб. (60 долл. США или 40 евро)
Страны Европы	170 евро	100 евро
Австралия и Океания, Азия, Африка, Северная и Южная Америка	230 долл. США	155 долл. США

Отдельные экземпляры журнала – **(450 руб. + 10% НДС = 495 руб.)** можно приобрести в редакции.
Электронная версия журнала за 2010 г. (формат PDF, 6 номеров):
– для РФ и стран СНГ – **1500 руб., включая НДС 18%**.
– для стран Европы, Азии, Америки, Австралии, Океании – **100 долл. США**.

Годовую подписку на 2010 г. (шесть номеров) можно оформить по факсу, электронной почте или непосредственно в редакции; также через агентства «Роспечать» (подписной индекс **72149**), «Межрегиональное агентство подписки» (Каталог Российская пресса–Почта России, подписной индекс **12718**).

Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210×290 мм)	18 тыс. + 18% НДС	820	575
1+1 (разворот, 420×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
½ страницы (210×145 мм)	10 тыс. + 18% НДС	480	330
¼ страницы (105×145 мм)	6 тыс. + 18% НДС	290	200
На обложке			
1-я страница (210×150 мм)	18 тыс. + 18% НДС	820	575
2-я или 3-я страницы (210×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
4-я страница (210×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000

Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы qxd, ai, eps, tiff, cdr.
Носители: CD, DVD, Zip 250.
Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.
Макет должен быть представлен также в распечатанном виде.

