



# ТРАНСПОРТ

## НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
№ 2 (2) 2008

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ  
СОЮЗОМ



**Природный газ в моторах – топливо XXI века**  
**Мировое качество АГНКС от украинского производителя**  
**Автомобильный транспорт и парниковый эффект**

**Международный научно-технический журнал  
«Транспорт на альтернативном топливе»  
№ 2(2) / 2008 г.**

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

**Учредитель и издатель**

НП «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА)

Периодичность 6 номеров в год

**Главный редактор**

**Р.О. Самсонов**

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

**Члены редакционной коллегии**

**О.Ю. Бриллиантов**

заместитель главного редактора

**Б.В. Будзуляк**

член Правления,

начальник Департамента ОАО «Газпром», д.т.н.

**В.И. Ерохов**

профессор «МАМИ», д.т.н.

**А.А. Ипатов**

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

**А.Л. Карунин**

ректор Московского государственного технического университета («МАМИ»), д.т.н.

**С.И. Козлов**

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

**Ю.В. Панов**

профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**

профессор Университета Дружбы народов, д.т.н.

**Е.Н. Пронин**

начальник Управления ОАО «Газпром»

**А.Д. Прохоров**

профессор РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д.т.н.

**В.Л. Стативко**

президент НГА, к.т.н.

**В.Н. Удуг**

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

**Исполнительный директор**

**Е.Н. Пронин**

начальник Управления по газификации  
и использованию газа Департамента по  
транспортировке, подземному хранению и  
использованию газа ОАО «Газпром»

**Зам. главного редактора журнала**

**О.Ю. Бриллиантов**

**Представительство в Украине**

**Ю.В. Лысенко**, директор

**Редактор**

**О.А. Ершова**

**Компьютерная верстка**

**Ф.А. Игнащенко**

**Адрес редакции:**

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

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

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

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

Сдано в набор 25.01.2008 г.

Подписано в печать 7.03.2008 г.

Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.

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

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

## В НОМЕРЕ:

Топливный этанол в России: проблемы производства и использования («круглый стол», 12.12.2007 г., Москва) .....	2
Обращение к федеральным и региональным правительствам. Автомобили, работающие на природном газе, – новые возможности для страны .....	6
<b>Е.Н. Пронин</b> Природный газ в моторах – топливо XXI века .....	9
<b>О.Ф. Жилин</b> Российское газовое общество – эффективный механизм проведения государственной политики в газовой сфере .....	13
<b>М. Толбоев</b> Внедрение газомоторного топлива на автотранспорте России – эффективный путь улучшения состояния окружающей среды .....	16
История завода: 67 лет высокого качества и безопасности! .....	18
ОАО «Алексеевка ХИММАШ» – аргументы в пользу надежности .....	20
<b>Н.Н. Патрахальцев, Е.Л. Силин, О.В. Камышников</b> Эффективность использования СУГ для организации газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием .....	22
<b>А.В. Козлов, А.С. Теренченко</b> Оценка эффективности применения биодизельного моторного топлива в полном жизненном цикле .....	26
<b>А.И. Цаплин, С.В. Бочкарев, С.П. Селезнев</b> Разработка математической модели бездренажного хранения СПГ .....	30
<b>Г. Яжиньски, Ю.В. Панов</b> Особенности работы и сервисного обслуживания газовых форсунок автомобильных двигателей .....	34
<b>Д.А. Кулябин</b> Опыт эксплуатации газовых автобусов «МАН» и «Мерседес» на городских маршрутах .....	39
<b>О.Н. Бакаринова</b> Использование индивидуальных заправочных устройств компании «FuelMaker» (Канада) – эффективный путь внедрения КПП в сельском хозяйстве .....	42
<b>А.М. Савиных</b> Реконструкция сети АГНКС ОАО «Газпром» .....	44
<b>Н.А. Лапушкин</b> Технологии использования природного газа в двигателях автотранспортных средств и силовых установках .....	47
<b>И.М. Коклин, А.Д. Прохоров</b> Динамика роста реализации КПП и подготовка кадров в ООО «Кавказтрансгаз» .....	51
<b>С.В. Моисеев, В.И. Поливанов</b> Эффективность применения турбодетандерных агрегатов в технологии извлечения СУГ на месторождениях .....	55
<b>М.Н. Ермолович</b> Новые модели развития биоэнергетики на службе государственных интересов США .....	59
Новости из-за рубежа .....	61
<b>А.С. Хачиян, И.Г. Шишлов, А.В. Вакуленко</b> Автомобильный транспорт и парниковый эффект .....	68
<b>М.В. Коротков, А.А. Филиппов</b> Оценка экологической эффективности применения различных видов моторного топлива в ДВС автотранспортных средств .....	72
<b>С.И. Иванов, С.В. Строганов, М.В. Коротков</b> Экологическая эффективность использования газомоторного топлива в ООО «Оренбурггазпром» .....	76



## Топливный этанол в России: проблемы производства и использования («круглый стол», 12.12.2007 г., Москва)

Национальная биотопливная ассоциация совместно с Комитетом Совета Федерации по экономической политике, предпринимательству и собственности провела «круглый стол» на тему «Топливный этанол в России: проблемы производства и использования». Мероприятие прошло 12 декабря 2007 г. в отеле «Золотое кольцо» (Москва).

**В** работе «круглого стола» приняли участие члены Совета Федерации, депутаты Государственной Думы, представители министерств и ведомств РФ, органов государственной власти субъектов РФ, союзов и ассоциаций, ученые, предприниматели, в том числе представители ООО «Биоэнергия», компании «Лукойл», НПК «Экология», Минсельхоза России, фирм «ПАВА», «Биохим», «Титан-Агро» и многих других. Председательствовал – Первый заместитель Председателя Совета Федерации по экономической политике, предпринимательству и собственности В.Гусев.

Заслушав и обсудив доклады и выступления, а также поступившие в ходе обсуждения предложения и замечания, участники «круглого стола» вынуждены были признать, что в России топливный этанол до настоящего времени не производился. Основной причиной этого является действующее законодательство, которое не только не создает условия для производства биоэтанола, но фактически препятствует его производству и применению. Тем не менее, российский бизнес не может оставаться в стороне от мировых тенденций. Намечено строительство ряда крупнейших заводов по производству топливного этанола в Татарстане, на Алтае, в Краснодарском крае,

Омской, Липецкой и Волгоградской областях.

Проблеме производства топливного этанола в последнее время стало уделяться значительное внимание. Так, 27 ноября 2007 г., принимая в Кремле министра сельского хозяйства, Президент Российской Федерации В.Путин поручил министру проработать вопрос о стимулировании в России производства биотоплива для альтернативной энергетики. «Нужно создать условия для бизнеса по созданию установок для производства биоэтанола», – сказал Президент.

Первым шагом в создании условий для производства в России биоэтанола может стать закон, проект которого подготовлен в Комитете по экономической политике, предпринимательству и собственности Совета Федерации. Данный законопроект предлагает внести изменения в Федеральный закон «О государственном регулировании производства и оборота спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции», определив в нем топливный этанол, как «денатурированный этиловый спирт, предназначенный для использования в качестве компонента бензинов и (или) этанольных моторных топлив, содержащий не более 1% воды и бензин в концентрации не менее 1% объема этилового спирта». Кроме того, предлагается освободить

от действия «алкогольного» закона производителей моторных топлив, содержащих не более 10% топливного этанола, а также признать такие моторные топлива «неспиросодержащей продукцией».

Участники заседания поддержали этот законопроект, так как принятие данного законопроекта может послужить первым шагом в ряде последующих мер стимулирования производства топливного этанола. Участники заседания также отметили, что производство биоэтанола должно стать составной частью более широкой программы производства биотоплив в России.

Связанные с этим проблемы могут быть решены только совместными скоординированными действиями государства, бизнеса и науки.

С целью создания условий для производства и применения в России биотоплив и, в частности, топливного этанола, участники «круглого стола» сочли необходимым рекомендовать:

### **Совету Федерации Федерального собрания Российской Федерации**

Продолжить работу по формированию законодательных предложений для создания системной нормативной и правовой базы по обеспечению условий для производства и использования в России биотоплива, как экологически чистого источника энергии, производимого из возобновляемого сырья, используя для этой цели широкое обсуждение проблемы с участием представителей регионов на парламентских слушаниях, конференци-

ях, «круглых столах», выездных заседаниях Совета Федерации и иных мероприятиях.

### Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации

1. Рассмотреть в числе первоочередных законопроект «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании производства и оборота этилового спирта, алкогольной и спиртосодержащей продукции», предусматривающий определение понятия топливного этанола и обеспечивающий возможность его производства и использования.

2. При рассмотрении законопроектов, направленных на производство в России биотопливо, принимать во внимание экономическую, социальную и экологическую значимость данной проблемы для Российской Федерации.

### Правительству Российской Федерации

1. Рассмотреть вопрос о создании в рамках национальных проектов национальной программы «Биотопливо».

2. Рассмотреть вопрос о разработке технического регламента на биотопливо.

3. Рассмотреть вопрос о предоставлении экономически обоснованных налоговых льгот производителям биотоплива, касающийся, в частности, снижения акцизов на экологически чистое автомобильное топливо, содержащее топливный этанол.

4. Рассмотреть вопрос о привлечении академических и отраслевых научно-исследовательских организаций к разработке научной основы и технологии производства топливного этанола с использованием целлюлозосодержащего сырья, то есть биомассы.

По словам вице-президента Российской национальной биотоплив-

ной ассоциации А. Аблаева, проведение подобного «круглого стола» свидетельствует о том, что «двухлетние усилия ассоциации по популяризации и продвижению идеи производства биотоплива в России стали приносить плоды, подняв интерес к теме на самый высокий государственный уровень». Рекомендации, принятые участниками «круглого стола», явились важнейшим шагом в направлении развития этой отрасли.

#### ■ Справка

*Российская национальная биотопливная ассоциация (РНБА) объединяет производителей возобновляемого топлива – биоэтанола и биодизеля – и продвигает использование возобновляемых топлив в России.*

*Главная цель РНБА – обеспечить наилучшие законодательные, коммерческие и другие условия для расширения производства и применения возобновляемого биотоплива в России.*



CONGRESS & EXPO • 23-24 APRIL 2008 • MOSCOW RUSSIA



## МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС “ТОПЛИВНЫЙ БИОЭТАНОЛ - 2008”

Российская Национальная Биотопливная Ассоциация приглашает вас принять участие в Третьем Международном Конгрессе “Топливный Биоэтанол - 2008”. Конгресс пройдет **23-24 апреля 2008 г.** в Москве в **отеле “Ренессанс”** (Олимпийский проспект, 18/1)

Конгресс станет местом для обмена знаниями и опытом специалистов биотопливной промышленности, ученых, профессионалов автомобильной и нефтяной отраслей и правительства.

Участники получат всесторонний обзор отрасли, начиная с сырья и заканчивая продажами биотоплива с обсуждением технологий производства и применения биоэтанола.

Участие в Конгрессе позволит значительно расширить перспективы бизнеса, напрямую встретиться с ведущими специалистами, представителями аграрного сектора, инвесторами и инжиниринговыми компаниями, профессионалами в области самого стремительно растущего биотопливного мирового рынка, России и стран СНГ

Конгресс проводится при поддержке Государственной Думы, Министерства сельского хозяйства, Министерства промышленности и энергетики, Министерства экономического развития, Российского Зернового Союза, Общества Биотехнологов России.

**Узнать дальнейшие подробности и зарегистрироваться для участия:**

**Телефон:** (495) 585-5167

**Сайт:** [www.biotoplivo.ru](http://www.biotoplivo.ru)

**Факс:** (495) 585-5449

**Email:** [congress@biotoplivo.ru](mailto:congress@biotoplivo.ru)

**6-я Международная специализированная выставка  
по газораспределению  
и эффективному использованию газа**

**The 6th International specialized exhibition  
for gas supply and effective use of gas**

**Gas  
SUF**



Газоснабжение и эффективное  
использование газа  
Gas supply and effective use of gas



Использование природного газа в качестве  
моторного топлива  
Use of natural gas as motor fuel



Сжиженный природный газ и синтетическое  
жидкое топливо  
Liquified natural gas and synthetic liquid fuel

**23 – 25 сентября 2008**

**September 23 – 25, 2008**

Дирекция выставки / Exhibition Management:

E-mail: [msa@mvk.ru](mailto:msa@mvk.ru)

Тел./tel.: +7 495 105-34-42, 105-34-16





Организаторы:



НАЦИОНАЛЬНАЯ  
ГАЗОМОТОРНАЯ  
АССОЦИАЦИЯ

**Второй год подряд выставка GASSUF включается в программу  
«Неделя эффективного использования газа»**

### ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- Топливная аппаратура для газовых видов моторного топлива
- Автомобильные баллоны для компримированного природного газа и сжиженного нефтяного газа
- Автомобильные системы хранения, баки для сжиженного природного газа
- Арматура для компримированного и сжиженного природного и сжиженного нефтяного газа
- Системы и оборудование для диагностики газовой автомобильной аппаратуры
- Оборудование для центров переосвидетельствования автомобильных газовых баллонов
- Оборудование для центров по переоснащению автотранспортной техники для работы на газовых видах топлива и техническому обслуживанию
- Стационарные и мобильные средства заправки автотранспорта газовыми видами моторного топлива
- Проектирование и строительство объектов газозаправки и сопутствующей инфраструктуры
- Оборудование для сжижения, транспортировки, хранения и регазификации сжиженного природного газа
- Оборудование для получения, хранения и использования альтернативных энергоносителей на основе газовых технологий: СЖТ, ДМЭ, биогаза, топливных элементов
- Проектирование, строительство и эксплуатация стальных и полиэтиленовых газопроводов
- Оборудование и техника для строительства, изоляции, эксплуатации, диагностики и ремонта распределительных газопроводов
- Системы учета и контроля потребления газа

*Неизменно насыщенной будет и деловая программа выставки. Семинары и конференции, которые традиционно проходят в рамках выставки, будут посвящены самым насущным вопросам развития и инновациям на рынке газового оборудования, газоснабжения и энергосбережения.*



## Обращение к федеральным и региональным правительствам

### Автомобили, работающие на природном газе, – новые возможности для страны

24 октября 2007 г.

Данное обращение предназначено для информирования правительственных органов разных стран об энергетических, экономических и экологических выгодах, связанных с развитием газомоторной отрасли.

**Ц**ель **Международного газового союза (IGU)**<sup>1</sup> – содействие техническому и экономическому развитию газовой промышленности. **Международная газомоторная ассоциация (IANGV)** является международным форумом газомоторной отрасли, способствующим укреплению роста, повышению безопасности, разработке новой продукции, стандартизации и выработке политики. Цель **Marcogaz** – содействие своим членам путем создания технических условий, необходимых для достижения рыночного успеха природного газа.

#### Развитие газомоторного транспорта

Сегодня в мире имеется 7,1 млн. автомобилей, работающих на природном газе. Ежегодный рост парка таких автомобилей за последние три года составил 30%, построено 11 тыс. АГНКС. По оценкам, газомоторные автомобили ежегодно потребляют до 22 млрд. станд. м<sup>3</sup> (770 млрд. фт<sup>3</sup>) природного газа. Кроме того, эксплуатируется около 30 тыс. других транспортных средств, работающих на метане (тракторы, автомобили аэропортовых служб, портовые автомобили и т.д.). На метане также работают суда, паромы и локомотивы.

С 1991 г. по сегодняшний день средний темп роста газомоторной отрасли составил 18% в год. За этот период использование газомоторных автомо-

билей способствовало улучшению качества воздуха, особенно в сильно загрязненных городах, например, Дели. При сохранении такого темпа к 2020 г.<sup>2</sup> в мире будет насчитываться до 65 млн. ед. газомоторных автомобилей, а объем топливного газа заменит до 3,5 млн. баррелей нефти в сутки.

#### Газомоторная технология

Технологии газомоторных автомобилей и газозаправочных станций отличаются продуманностью, безопасностью и надежностью. Сегодня большинство автомобилей, работающих на природном газе, – это переоборудованные автомобили. Однако многие автопроизводители предлагают газомоторные версии популярных моделей легковых и грузовых автомобилей и автобусов, а некоторые из них сертифицируют переоснащение своих автомобилей после продажи с завода. Безопасностью и надежностью отличается и технология заправки автомобилей, работающих на природном газе, часто используемая на обычных АЗС. А теперь такие автомобили можно заправлять и дома.

Рынки газомоторного транспорта сложились как технически, так и

коммерчески. Использование транспортных средств, работающих на природном газе, приносит существенную экологическую пользу, так как это связано с меньшими выбросами веществ, вызывающих локальное загрязнение воздуха, и парниковых газов. Природный газ – самое безопасное моторное топливо, представленное на рынке.

#### Международная поддержка

Лидеры ведущих стран на саммите «большой восьмерки» в мае 2006 г. и министры энергетики стран-членов АТЭС<sup>3</sup> на встрече в мае 2007 г. поддержали идею усиления мировой энергобезопасности путем принятия мер по эффективному использованию энергоресурсов в транспортном секторе и диверсификации структуры топливного баланса. В декабре 2003 г. Европейский Союз одобрил концепцию замены природным газом 10% нефтяного транспортного топлива к 2020 г.<sup>4</sup>

#### Преимущества для страны

Использование природного газа в транспортном секторе даст следующие преимущества:

- снижение спроса на нефть и зависимости от нее в стране;
- улучшение платежного баланса за счет сокращения потребности в импорте нефти;
- расширение свободы выбора источников энергии;

1 См. Приложение.

2 Источник: IANGV.

3 Организация Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) – форум 21 страны АТР.

4 «Развитие рынка альтернативного топлива», отчет контактной группы по альтернативным видам топлива, Европейская комиссия, DG Tren, декабрь 2003 г.

- укрепление национальной безопасности в области энергоресурсов;

- укрепление экономической стабильности в мире (снижение цен на нефть);

- создание новых рабочих мест в газомоторной и смежных отраслях;

- использование возобновляемых источников энергии (биометан);

- сокращение выбросов парниковых газов;

- сокращение выбросов вредных веществ, вызывающих локальное загрязнение воздуха;

- путь к использованию водорода в качестве транспортного топлива.

Ключевые для правительств вопросы, связанные с использованием метана в транспортном секторе:

- Сокращение выбросов парниковых газов: сегодня 7,1 млн. ед. транспортных средств в мире работают на природном газе, а не на бензине или дизельном топливе. Это означает снижение ежегодных выбросов CO<sub>2</sub> приблизительно на 15 млн. т. При увеличении объема использования биометана выбросы CO<sub>2</sub> сократятся еще значительно.

- Меньшая стоимость природного газа в стране по сравнению с нефтью.

- Возможность использования биометана, получаемого из сельскохозяйственных / коммунальных отходов (то есть замена ископаемого топлива возобновляемым плюс решение проблемы утилизации отходов).

- Соответствие самым строгим нормативам по локальным выбросам загрязняющих веществ. Использование метана в качестве моторного топлива связано с меньшими выбросами NO<sub>x</sub> и нулевым выбросом твердых частиц по сравнению с дизельным топливом, значительно меньшими выбросами неконтролируемых загрязняющих веществ и уровнем шума.

- Международные стандарты, нормы и правила уже существуют.

- Безопасная и надежная продукция, разрабатываемая крупнейшими производителями, имеет такие же эксплуатационные характеристики,

как и традиционные транспортные технологии.

- Возможность развития новой отрасли и создания дополнительных рабочих мест для изготовления комплектующих в регионе (автомобильная промышленность, изготовители газовых баллонов, автопроизводители, мастерские для переоборудования автомобилей, ремонтные мастерские), а также для местного производства биометана.

- Долгосрочная стратегия использования газообразного топлива с постепенным переходом на водород в качестве моторного топлива.

Анализ существующей и предыдущей программ развития газомоторного транспорта раскрывает важность участия правительств. В зависимости от местных условий такая поддержка может выражаться в нескольких формах. Наиболее важные из них – это введение стандартов, норм, правил и налоговых льгот. Кроме того, чрезвычайно важную роль играют образование и обучение.

Таким образом, газомоторной отрасли необходима государственная поддержка по следующим направлениям:

- Долгосрочные обязательства и политическая воля для успешной реализации программ развития газомоторной отрасли.

- Собственный пример: использование газомоторных автомобилей федеральными, муниципальными и региональными органами власти; предпочтение отдается субподрядчикам, использующим такие автомобили.

- Разработка и реализация программы формирования общественного мнения с охватом всех аспектов газомоторного транспорта и газозаправочной инфраструктуры и освещением всех достижимых экологических выгод.

- Поддержка образования и обучения в области газомоторной отрасли на всех уровнях.

- Поддержка плана развития сети АГНКС с привлечением дистрибьюто-

ров топлива и демонстрацией приверженности выбранному курсу.

- Международное и национальное сотрудничество в сфере законов и норм, включая согласование стандартов и норм для газомоторного транспорта, направленное на сокращение затрат владельцев таких транспортных средств и АГНКС и на облегчение перемещения между странами.

- Средне- и долгосрочная поддержка инвестиций со стороны акционеров (автовладельцы, автопроизводители, газовые компании и дистрибьюторы топлива) путем, например:

- ввода налоговых льгот, снижения потребительской стоимости газомоторных автомобилей и АГНКС, а также всего того, что связано с газомоторной отраслью (компрессоров, комплектов газобаллонного оборудования, услуг установщиков ГБО и т.д.);

- принятия нетехнических мер в отношении газомоторного транспорта, то есть обеспечение специальных парковочных мест, зон движения и маршрутов для легковых и коммерческих (например, грузовые фургоны, мусоровозы) газомоторных автомобилей.

Реализация программ развития газомоторной отрасли принесет огромную пользу обществу за счет снижения транспортных расходов, повышения надежности поставок, появления стимулов для более широкого использования возобновляемого топлива, снижения уровней загрязнения и шума. Кроме того, появятся новые рабочие места и новые отрасли отечественной промышленности.

Представители трех ассоциаций считают, что развитие газомоторного транспорта может принести ощутимую пользу странам, в которых будут реализованы соответствующие программы. Советуем вам воспользоваться данной возможностью, чтобы в дальнейшем получить все выгоды, обеспечиваемые за счет роста газомоторной отрасли.

**С уважением,**

**Президент Международного газового союза (IGU)**

**Президент Международной газомоторной ассоциации (IANGV)**

**Президент Marcogaz**

## Приложение

Для получения дополнительной информации об автомобилях, работающих на природном газе, обратитесь к Гарту Харрису (Garth Harris), генеральному секретарю IANGV, по адресу [iangv@iangv.org](mailto:iangv@iangv.org), или посетите сайт [www.iangv.org](http://www.iangv.org).

## IGU

Международный газовый союз (IGU) – международная некоммерческая организация, целью которой является содействие техническому и экономическому прогрессу газовой отрасли. Члены организации – ассоциации и предприятия газовой отрасли 67 стран на всех континентах. Организационная деятельность IGU охватывает все аспекты газовой отрасли – от разведки и добычи природного газа на суше и на море, транспортировки по газопроводам и газораспределительным системам к конечным потребителям до сжигания газа на месте использования. Более подробную информацию можно получить по адресу [www.igu.org](http://www.igu.org).

## IANGV

Международная газомоторная ассоциация (IANGV) является международным форумом газомоторной отрасли, способствующим укреплению роста, повышению безопасности, разработке новой продукции, стандартизации и выработке политики. С учетом региональных отделений<sup>5</sup> IANGV сегодня представляет интересы газомоторных сообществ более чем 70 стран (насчитывая более 600 членов по всему миру – от производителей автомобилей и оборудования до представителей газовой отрасли и пользователей).

## Marcogaz

Marcogaz (техническая ассоциация европейской газовой отрасли) является некоммерческой организацией, задача которой – служить консультативным центром по техническому законодательству и стандартам для европейских

членов организации, а также содействовать созданию технических условий для обеспечения успеха природного газа на рынке.

В число членов этих трех организаций входят представители крупнейших нефтегазодобывающих компаний, региональных и местных газовых ассоциаций, все участники газовой отрасли – от крупных до мелких, вплоть до пользователей (например, представителей автомобильной промышленности и т.д.). Эти ассоциации выражают свою приверженность дальнейшему развитию использования метана в качестве топлива для автомобилей, как самой благоприятной возможности роста газовой отрасли. Кроме того, использование метана в качестве автомобильного топлива обеспечит значительные энергетические и экологические выгоды для населения всей планеты.

<sup>5</sup> Азиатско-Тихоокеанская газомоторная ассоциация (ANGVA), Канадский газомоторный альянс, Consorzio NGV System (Италия), Европейская газомоторная ассоциация (ENGVA), Газомоторная ассоциация Латинской Америки (ALGNV), Новозеландская газомоторная ассоциация, Индийская газомоторная ассоциация (NGVAI) и Газомоторная ассоциация США.

**Общество с ограниченной ответственностью  
“Гамард РСТ”**

Оборудование для автогазозаправочных станций,  
баз хранения сжиженного газа

Насосы для перекачивания сжиженного газа и топлива,  
поршневые компрессоры

Запорная и предохранительная арматура  
для сжиженных углеводородных газов

117647, г.Москва,  
ул. Профсоюзная, д 123 “а”, стр.13,  
тел./факс. +7 495 739 5986  
E-mail: [gamard@gamard.ru](mailto:gamard@gamard.ru),  
[www.gamard.ru](http://www.gamard.ru)

# Природный газ в моторах – топливо XXI века



## Е.Н. Пронин,

начальник управления по газификации и использованию газа ОАО «Газпром», исполнительный директор Национальной газомоторной ассоциации (НГА)

### Когда закончится нефть?

В течение десятилетий ученые многих стран мира пытаются найти ответ на вопрос: «Когда закончится нефть?» Ответ на этот, казалось бы, простой вопрос крайне сложен. Точно не знает никто. Более того, точного ответа быть просто не может.

Эксперты уверены, что очень часто по политическим причинам истинные объемы национальных запасов нефти, газа, угля и многих других ископаемых умышленно искажены. Поэтому в мировом информационном пространстве приводятся усредненные цифры.

Одни эксперты считают, что практически все значимые месторождения «дешевой» нефти уже открыты. Другие полагают (об этом писала газета «Daily Telegraph»), что Россия может преподнести сюрприз с объ-

емами запасов нефти: в ее недрах находится наибольшее количество пока еще неразведанной нефти. Так это или нет – покажет время.

В политической литературе достаточно часто поднимают вопрос о «несправедливом» распределении углеводородных ископаемых. Прежде всего, имеются в виду нефть и газ. Больше половины мировых подтвержденных запасов нефти и почти половина подтвержденных запасов природного газа сосредоточены на Ближнем Востоке, в странах с пока еще нестабильной политической обстановкой (рис. 1).

При этом в большинстве случаев потребление нефтепродуктов в странах-экспортерах нефти существенно ниже, чем в странах-импортерах. Именно поэтому, например, в Иране обеспеченность природным

газом исчисляется столетиями: уровень сегодняшнего потребления газа относительно невысокий. По мере развития экономики и повышения объемов потребления энергоносителей расчетный срок истощения национальных месторождений будет сокращаться.

Американский ученый Кинг Хуберт в 1974 г. опубликовал такой прогноз: пик мировой добычи нефти придется на 1995 г. Расчеты доктора Хуберта подтверждаются многими фактами. Темпы прироста запасов нефти достигли своего максимума в середине 60-х гг. прошлого столетия и с тех пор все время падают. С конца 80-х гг. объемы добычи нефти превышают объемы воспроизводства запасов. В среднем годовой объем добычи нефти примерно в три раза превышает объемы прироста запасов. Сейчас 70% нефти добывается из месторождений, открытых 25 и более лет тому назад [1].

Ученые шведского университета в Упсале предполагают, что запасы нефти на Земле, особенно на Ближнем Востоке, переоценены примерно на 80%. По их мнению, пик мировой добычи нефти придется примерно на 2012 г. Согласно более ранним оценкам, падение уровня добычи черного золота не должно было случиться ранее 2050 г.

Шведские ученые подсчитали, что оставшиеся запасы нефти и газа равны примерно 3,5 трлн. баррелей. Между тем, Межправительственная

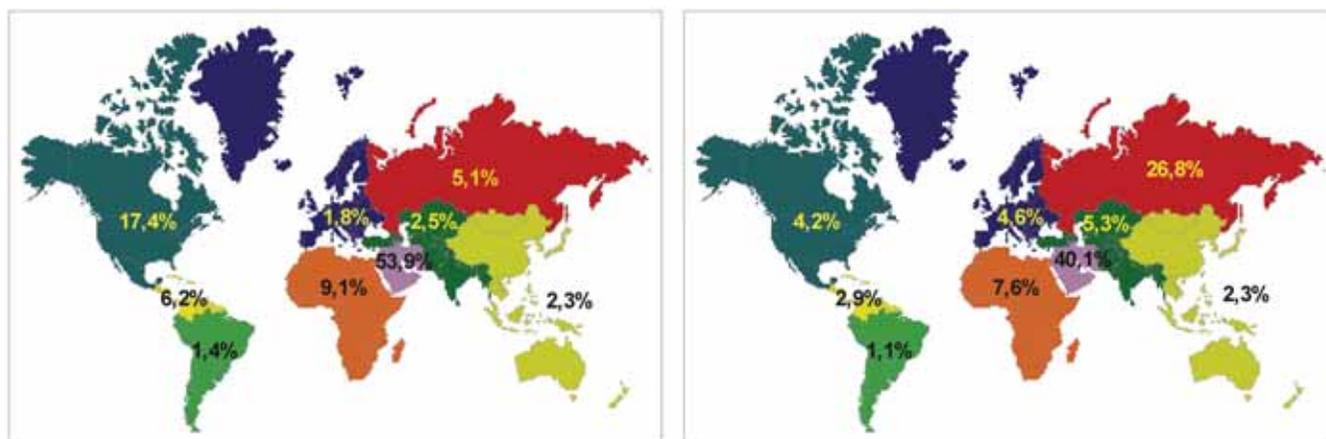


Рис. 1. Распределение подтвержденных запасов нефти (слева) и газа (справа) по регионам мира

## Прогнозные мировые запасы нефти и газа

Источник данных	Запасы					
	Нефть трлн. баррелей		Газ, трлн. м <sup>3</sup>		Прогнозный срок истощения	
	Извлекаемые	Доказанные	Извлекаемые	Доказанные	нефть	газ
Американский нефтяной институт [4]		1,000				
Бритиш Петролеум, 2005 г. [5,6]		1,188		176,0	2030-2080 г.г.	2060 г.
Бритиш Петролеум, 2006 г. [7]		1,200		180,0	2056	2096
Всероссийский НИИ геологии зарубежных стран [8]		1,013				
Геологическое агентство США [9, 10]	2,272	1,000		155,8	2050 – 2100 г.	
Д-р Колин Кэмпбелл, Association for the Study of Peak Oil and Gas, Ирландия [11]	2,050	0,764				
Журнал «Oil & Gas Journal» [12]		1,213		147,5		
Журнал «Petroleum Economist» [13]				179,5		
Журнал «Газовая промышленность» [14]				163,3		
Журнал «Нефтегазовая Вертикаль» [15]					2050 г.	2200 г.
Инвестиционная компания Financial Bridge [16]		1,026				
Информационное агентство Energie-Informationdienst, Германия [17]		1,268			2050 г.	
Информационное агентство Рейтер [18]		1,188				
Компания «Эксон Мобил» [19]					2070 г	
Компания Total S.A. [20]			340,0			
Министерство энергетики США [21, 22]		1,016	293,1	171,1		
Мировое энергетическое агентство [23]				149,5	2020 г.	
Объединения предприятий нефтеперерабатывающей промышленности Германии [24]		1,260				
ЦРУ, США [25]		1,349		174,6		
<b>Среднее значение</b>	<b>2,16</b>	<b>1,11</b>	<b>316,5</b>	<b>166,4</b>		

комиссия по изменению климата, работа которой привела к созданию Киотского протокола, оценила запасы в 5-18 трлн. баррелей [2].

Эксперты из ОПЕК предполагали, что Великобритания должна была остаться без нефти и газа уже в 2007 г., а США эта участь ждет в 2010 г. Норвегии, по их оценкам, хватит нефти до 2011 г., а природного газа до 2024 г.; России – нефти до 2021 г. и газа до 2083 г.; Ирану – нефти до 2071 г. и газа до 2383 г. [3]. Вероятно, это очень пессимистичный прогноз, но, безусловно, повод для серьезной озабоченности он дает.

Получить достоверную и полную информацию о запасах националь-

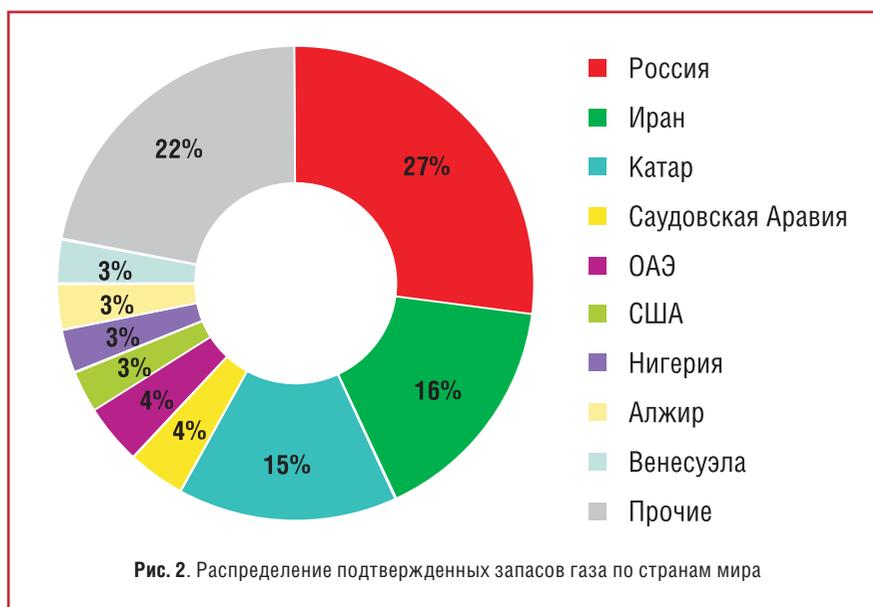


Рис. 2. Распределение подтвержденных запасов газа по странам мира

ных энергоресурсов не очень просто. Даже при наличии современных информационных технологий процесс поиска занимает достаточно много времени. Источников информации может оказаться много, но более-менее надежные данные в конечном итоге исходят всего из нескольких признанных в мире организаций. Однако оценки и прогнозы даже этих организаций нельзя назвать совершенно достоверными.

Как видно из этих нескольких примеров, оценки мировых нефтегазовых ресурсов и прогнозы сроков их истощения самые разные. Однако даже из такой разноречивой информации можно сделать главные выводы: объемы потребления нефти растут; эпоха дешевой нефти заканчивается, а месторождения нефти (рентабельные в современных условиях) будут, скорее всего, исчерпаны в текущем столетии и намного раньше газовых.

Месторождения газа и нефти распределены по планете крайне неравномерно. Россия обладает, по различным оценкам, примерно 27–30% мировых подтвержденных запасов газа. Иран и Катар, обладающие по 15–16%, также могут быть отнесены к мировым газовым лидерам. Распределение подтвержденных запасов газа показано на рис. 2. К категории прочие отнесены государства, обладающие менее 4% от мировых подтвержденных запасов природного газа [27].

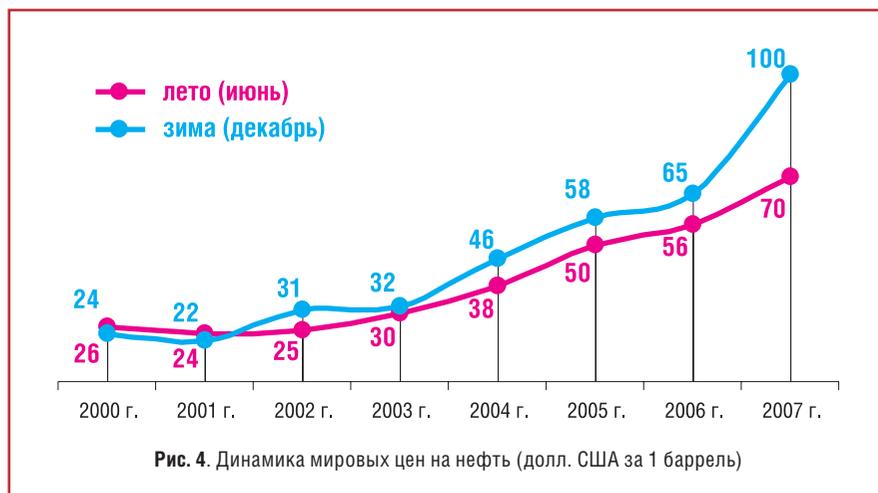


Рис. 4. Динамика мировых цен на нефть (долл. США за 1 баррель)

По оценке Мирового энергетического агентства, уже наступила эпоха нарастающего дефицита нефти. С одной стороны наблюдается истощение разведанных и подтвержденных запасов нефти, а с другой – постоянный рост ее потребления. В связи с этим поиск альтернатив становится все более актуальным.

### Когда нефть будет стоить 100 долл. США за баррель?

В середине XIX века на самых крупных нефтяных месторождениях энергетическая отдача – то есть соотношение объема добытой нефти к одному баррелю, израсходованному на добычу, транспортировку и перегонку – составляла 50 баррелей добычи (БД) на 1 баррель расхода (БР). Эта отдача постепенно снижалась и сегодня составляет примерно 5БД:1БР. Значит ли это, что мир стал добывать в десять

раз меньше нефти? Совсем нет. Это означает, что мир стал тратить в 10 раз больше денег/энергии на добычу того же объема нефти, чем полтора столетия назад.

Причин роста удельных затрат при нефтедобыче много. Это – и увеличение энергопотребления на добыче, и увеличение дальности доставки сырой нефти до рынков сбыта, и истощение «дешевых» месторождений, и многократный рост экологических затрат, и возрастание политического значения нефти.

Какими бы ни были причины, роль нефти как главного носителя первичной энергии для мировой экономики кончится, когда энергетическая отдача достигнет уровня 1БД:1БР.

Пессимисты утверждают, что технологические возможности повышения объемов добычи на нынешний момент практически исчерпаны. Оптимисты же, напротив, говорят, что уже в ближайшее время появятся технологии, позволяющие повысить нефтеотдачу месторождения до 50–60%, в то время как современные технологии позволяют извлекать из месторождения только 30–35%. И тогда себестоимость нефти снизится. Пока же компенсировать все возрастающие затраты на добычу нефти реально можно только за счет повышения цен.

Резкое повышение цен на нефть, как правило, происходит в периоды стратегической глобальной дестабилизации и прежде всего на

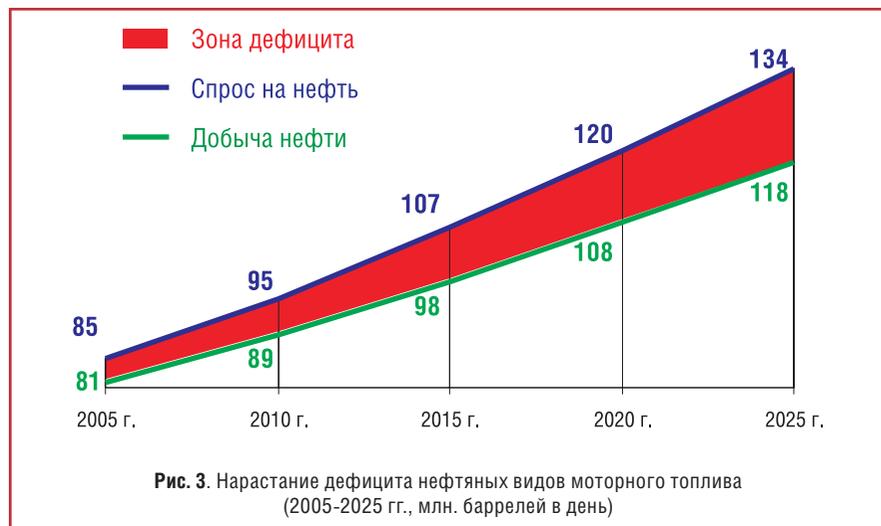


Рис. 3. Нарастание дефицита нефтяных видов моторного топлива (2005-2025 гг., млн. баррелей в день)



Рис. 5. Динамика цен на моторное топливо в России

Ближнем Востоке. Так было в середине 1970-х годов. Так происходит в начале XXI века. Интересно то, что дезинтеграция СССР не вызвала стремительного роста мировых цен на нефть и газ.

В свое время эксперты компании «Еххон Mobil» прогнозировали цену на нефть на уровне 100 долл. США к 2000 г. В Департаменте энергетики США называли даже цену в 150 долл. США. Те прогнозы, к счастью, не оправдались. Однако с июня 2003 г. сохраняется устойчивая тенденция роста цен на нефть. Следом за нефтью дорожают бензин, дизельное топливо, пропан-бутановые смеси.

Особенностью последних лет является то, что разница между зимними и летними ценами постоянно увеличивается.

Едва ли следует рассчитывать на то, что в длительной перспективе объемы добычи нефти вырастут, а цены на нее упадут. В декабре 2007 г. фьючерсные цены на нефть уже достигали 100 долл. США за баррель. Сегодня есть основания опасаться, что не пиковый ажиотажный, а среднемировой 100-долларовый ценник может появиться на барреле нефти уже в 2010–2011 гг.

Для российских потребителей моторного топлива наступило время задуматься об истощении национальных нефтяных месторождений и стоимости нефтяных видов моторного топлива. Вслед за ростом цен на нефть на международных биржах

вверх полезли топливные цены на внутреннем российском рынке. Житийский опыт показал, что вне зависимости от роста или падения нефтяных цен на мировом рынке в России, являющейся нефте- и газодобывающей

страной, цены на бензин и солярку в последние годы продолжали расти. Об этом же говорят и профессиональные аналитики.

Особенностью российского рынка моторного топлива является отсутствие прямой зависимости внутренних цен на нефтепродукты от мировых цен на нефть [26]. Так, например, в октябре – ноябре 2005 г. мировые цены на нефть сокращались, а цены на бензин и дизтопливо в России продолжали, хотя и несильно, расти. В 2005–2007 гг. в России наблюдались непродолжительные периоды замораживания цен на нефтепродукты. Однако вызваны они были не рыночными, а политическими факторами: ценовые моратории отражали договоренности государственной власти с бизнесом.

## Литература

1. Использование природного газа в качестве моторного топлива. Альбом информационных материалов. Управление по газификации и использованию газа ОАО «Газпром», М.- 2005 г.
2. World oil and gas 'running out'. Graham Jones. CNN, October 2, 2003 Posted: 12:45 GMT
3. Журнал «Деньги» со ссылкой на данные ОПЕК, № 36 (391), сентябрь 2002 г.
4. <http://en.wikipedia.org>
5. <http://www.korrespondent.net> 21.06.2005 г.
6. <http://www.zerogrowth.org>
7. Компания НТВ, 15.06.2006 г.
8. <http://www.vniizg.ru>
9. DOE/EIA
10. <http://ru-wikipedia-rc.livejournal.com>
11. <http://en.wikipedia.org>
12. <http://www.radford.edu>
13. Fundamentals of the World Gas Industry. The Petroleum Economist Ltd., May 2006.
14. **Середа М.Л., Зубарева В.Д.** Особенности современного состояния газовой промышленности РФ на примере ОАО «Газпром». Газовая промышленность, № 6, 2006. Стр. 36. М.- Газойл Пресс. Со ссылкой на Журнал Oil & Gas.
15. Нефтегазовая Вертикаль №17, 2001 г.
16. <http://www.superbroker.ru>
17. <http://www.energystrategy.ru> 18.01.2005 г.
18. <http://www.oreanda.ru> 14.06.2005 г.
19. The Economist, 01.11.2001 г.
20. **Гусак Леонид, Ершов Юрий.** Топливо-энергетический комплекс, № 6, 30.06.2005 г.
21. DOE/EIA
21. International energy outlook 2005, Energy Information Administration, US Department of Energy, DOE/EIA-0484(2005), July 2005 г.
22. <http://www.eia.doe.gov>
23. <http://www.ngv.ru/lenta> 05.02.2004 г.
24. The world factbook, CIA. <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook>
25. Worldwide Look at Reserves and Production, "Oil & Gas Journal, Vol. 102, No. 47 (December 20, 2004), pp. 22-23.
26. «Нефтегазовая Вертикаль» № 8-9/2005 г.
27. Worldwide Look at Reserves and Production, "Oil & Gas Journal, Vol. 102, No. 47 (December 20, 2004), pp. 22-23.

# Российское газовое общество – эффективный механизм проведения государственной политики в газовой сфере

**О.Ф. Жилин**, вице-президент Российского газового общества

Российское газовое общество (РГО), организованное в форме национальной ассоциации, является наиболее эффективным механизмом согласования интересов и проведения внутренней и внешней политики государства в газовой сфере. РГО объединяет на принципах добровольности и юридической самостоятельности предприятия, добывающие 97% российского газа. РГО ставит своей целью: содействовать достижению согласия между участниками газового рынка по вопросам ценообразования, расчетов, объемов реализации, распределения газа по регионам России; разрабатывать правила делового поведения и технические стандарты в области поиска, разработки газовых месторождений, добычи, транспортировки и реализации газа; согласовывать интересы участников, интегрировать их в программы государственного регулирования и развития газового рынка.

РГО обеспечивает эффективное взаимодействие участников газового сообщества с представителями законодательной и исполнительной власти и международными организациями. Программой развития РГО, в частности, предусматривается:

- формирование общественного мнения и инициирование решений государственных органов по вопросам формирования газового рынка;
- совершенствование системы законодательного обеспечения деятельности газовой отрасли (разработка предложений для законопроектов и поправок в действующие законы «О газоснабжении в Российской Федерации», «О трубопроводном транспорте», «О регулировании использования нефтяного (попутного) газа» и др.);
- взаимодействие с общественными организациями в странах, имеющих высокий уровень добычи и потребления газа.

Сегодня при РГО создан и эффективно функционирует Экспертный совет (ЭС), который является постоянно действующим совещательным органом. ЭС создан с целью квалифицированно-го экспертно-аналитического обеспечения уставной деятельности РГО,

формирования консолидированных предложений газового сообщества по развитию отрасли. Основными приоритетными задачами ЭС РГО являются:

- разработка предложений и рекомендаций по совершенствованию законодательной базы газовой отрасли;
- анализ, научная проработка и экспертно-консультативная помощь РГО в подготовке заключений по проектам законов, иных нормативных правовых актов и поправок к ним;
- комплексная экспертиза концепций, программ и иных документов, представленных для рассмотрения РГО;
- участие в подготовке проектов решений органов РГО;
- мониторинг действующего законодательства и анализ правоприменительной практики в отраслях права, относящихся к предметам ведения РГО, подготовка предложений по совершенствованию нормативно-правовой базы;
- подготовка предложений по финансированию научных исследований, разработок и экспертно-аналитической работы по уставной деятельности РГО.

В соответствии с Уставом РГО количество членов Экспертного совета не

ограничено. Членами ЭС могут быть представители компаний, научных, проектных и консалтинговых организаций – эксперты по техническим, правовым, экономическим, финансовым, управленческим, естественнонаучным и другим вопросам деятельности газовой отрасли. По распоряжению руководства ЭС в его составе создаются рабочие группы, секции и комиссии по направлениям деятельности или отдельным функциональным признакам. На сегодняшний день в составе Экспертного совета уже сформировано 16 рабочих групп и ряд комиссий.

В частности, в связи с обостряющейся актуальностью проблемы ускорения и масштабного использования альтернативных видов топлива в РГО была создана специальная экспертная Комиссия по использованию природного и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива. Актуальность данной проблемы в первую очередь связана с постоянным и значительным ростом парка автомобильного транспорта в России. По состоянию на начало 2007 г. общий парк автомобилей в России составил около 38 млн. ед., которые выбрасывают в атмосферу около 15 млн. т вредных веществ. Все это негативно сказывается на здоровье граждан, особенно на здоровье детей.

Экономическая целесообразность решения данной проблемы связана с тем, что природный газ – самое дешевое моторное топливо из всех имеющихся на рынке. В среднем по России метан стоит в два раза дешевле бензина А-76. Тем не менее, несмотря на перечисленные факторы, рынок газомоторного топлива в России по-настоящему пока не сформирован. Россияне сегодня предпочитают бензиновый двигатель, несмотря на постоянный рост цен на бензин и дизтопливо, и процесс перехода на газомоторное топливо в России идет слишком медленно. Сегодня в России практически

отсутствует нормативная база, регулирующая использование альтернативных видов моторного топлива. Среди имеющихся документов можно отметить лишь Постановление Правительства РФ, устанавливающее 50%-ный уровень цены на газ, используемый в качестве моторного топлива, по сравнению с ценой бензина А-76.

В этой связи одним из основных направлений работы Комиссии РГО по использованию природного и сжиженного углеводородного газа (СУГ) в качестве моторного топлива, возглавляемой членом Правления ОАО «Газпром» Б.В. Будзуляком (ответственный секретарь – С.Д. Гавриленко), в последние годы являлось участие в деятельности рабочей группы Комитета Государственной Думы России прошлого созыва по энергетике, транспорту и связи по подготовке к слушаниям двух проектов федеральных законов «Об использовании альтернативных видов моторного топлива» и «О внесении изменений в некоторые законодательные акты

Российской Федерации в связи с принятием федерального закона «Об использовании альтернативных видов моторного топлива».

Законопроекты нацелены на решение двуединой задачи – улучшение экологической обстановки в Российской Федерации за счет применения более чистых видов моторного топлива, а также на достижение более длительной обеспеченности экономики страны в энергоресурсах. В этой связи на совместном заседании Комиссий Правительства РФ и Российского газового общества по использованию природного и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива с участием депутатов Федерального Собрания, руководителей федеральных и региональных органов управления, ученых и специалистов различных предприятий промышленности и сельского хозяйства был рассмотрен и одобрен проект Целевой комплексной программы ОАО «Газпром» «Развитие газозаправочной сети и парка

техники, работающей на природном газе».

Проект Программы предусматривает тесное взаимодействие с администрациями субъектов Российской Федерации, синхронизацию работ одновременно в нескольких направлениях, в том числе: развитие газозаправочной сети и соответствующей инфраструктуры, переоборудование автомобилей, подбор и подготовка кадров, работа с общественностью, нормотворческая деятельность, рекламно-информационное обеспечение.

С учетом необходимости развития газозаправочной сети экспертами РГО инициирована проработка вопросов, связанных с размещением газозаправочных блоков на АЗС ОАО «Газпромнефть». Но, к сожалению, сегодня на федеральном уровне до сих пор отсутствуют конкретные меры, реализация которых способствовала бы более широкому использованию альтернативных, экологически чистых видов моторного топлива.

## Альтернатива бензиновому транспорту

**В** Москве только в будущем году появятся 35 автогазозаправочных станций (АГЗС). Как рассказала пресс-секретарь Департамента транспорта и связи правительства Москвы Мария Проценко, новые АГЗС станут очередным этапом воплощения городской целевой программы перевода транспорта на альтернативные

виды топлива. Правительство Москвы утвердило адресный перечень размещения автомобильных многотопливных газозаправочных станций (распоряжение правительства № 2643-РП от 30.11.2007 г.).

Пока водителям авто, использующих метан, пропан-бутан и диметиловый эфир, трудно найти газовую автозаправ-

ку недалеко от своего дома. Поэтому вскоре на территориях семи столичных округов – ЮВАО, СЗАО, ЮАО, СВАО, ВАО, ЮЗАО и в Зеленограде – разместятся новые автогазозаправочные комплексы. А вот в Центральном округе такие станции не планируются вообще. Кроме того, в будущем году специалисты департамента совместно с сотрудниками Москомархитектуры продолжат работы по подбору участков для строительства АГЗС.

<http://www.kdo.ru/article.asp?ID=4948&CID=22>

## Компания «Саратовавтогаз» будет переоборудовать автомобили на газовое топливо

**В** прошлом году в структуре ООО «Югтрансгаз» появилось новое подразделение «Саратовавтогаз», созданное на базе шести существующих АГНКС и участка по переоборудованию автомобилей на газ.

В число задач нового филиала входят: реализация компримированного природного газа (КПГ) для транспорта

Общества и сторонних организаций; переоборудование автотранспорта на газовое топливо; техническое обслуживание и ремонт газобаллонного оборудования; освидетельствование и замена отработавших свой срок газовых баллонов.

В рамках программы ОАО «Газпром» по развитию транспорта на газомо-

торном топливе в 2008 г. планируется начать строительство регионального центра по переоборудованию автомобилей на газ, которое будет вестись силами ООО «Югтрансгаз».

В ближайшей перспективе будут строиться новые заправочные станции в Саратове, Балакове, Энгельсе и Озинках. Цель расширения сети АГНКС состоит в создании так называемого голубого коридора от Средней Азии, где автомобили на газовом топливе пользуются весьма большой популярностью, до Москвы и Санкт-Петербурга.

<http://www.sarinform.ru/news/23387.php>

www.gazo.ru

# КАК

ВСТУПИТЬ

В

## Российское газовое общество



Наблюдательный совет Российского газового общества приглашает предприятия нефтегазового комплекса, заинтересованные в повышении эффективности своей деятельности, войти в состав НП «РГО».

Для этого необходимо направить по адресу:  
125040, Москва, ул. Расковой, д. 226  
следующие документы:

- Заявление
- Регистрационное свидетельство
- Устав
- Решение о вступлении в НП «РГО»
- Почтовые и банковские реквизиты

Контактные  
телефоны:

(495)228-3628

fax (495)228-3623

●  
[www.gazo.ru](http://www.gazo.ru)

e-mail: [rgo@gazo.ru](mailto:rgo@gazo.ru)



# Внедрение газомоторного топлива на автотранспорте России – эффективный путь улучшения состояния окружающей среды



**Магомед Толбоев,**  
президент Группы компаний «GT7»,  
д.и.н., Герой России,  
Заслуженный летчик-испытатель

По мнению российских медицинских специалистов сегодня здоровье населения страны в значительной степени зависит от состояния окружающей среды (на 25-50%, с перспективой в ближайшие десятилетия до 50-70%).

**В** США, Японии, европейских странах автомобилей эксплуатируется на порядок больше, чем в России, а суммарные выбросы вредных веществ в отработавших газах (ОГ) напротив меньше, чем у нас. Это объясняется тем, что выбросы ОГ наших автомобилей в 8-10 раз токсичнее зарубежных.

За последние 10 лет в России практически не прибавилось крупных промышленных предприятий, а количество автомобилей на дорогах увеличилось в 10 раз. Это несомненно влияет на образование автомобильных «пробок» в крупных городах, что вызывает резкое увеличение вредных выбросов от автомобилей в окружающую среду.

Сегодня в крупных городах, таких как Москва, Санкт-Петербург, Самара и других с населением более 1 млн. чел., выбросы отработавших газов автомобилей перекрывают все другие виды загрязнений атмосферного воздуха. Доля выбросов автотранспорта достигает 70-80%.

В России ежегодное потребление автотранспортом жидких нефтяных моторных топлив (бензинов различных сортов и дизельного топлива) составляет

около 60 млн. т, в результате сжигания которых в атмосферу выбрасывается более 10 млн. т вредных веществ. Снизить объемы выбросов в атмосферу автотранспортными средствами можно лишь путем улучшения моторных топлив и совершенствования автодвигателестроения, доведения двигателей внутреннего сгорания до норм, соответствующих современным требованиям. Эта задача требует времени и огромных капиталовложений в автомобильную и смежные с ней отрасли. Запасов нефти под сложившийся уровень ее добычи осталось не более чем на 60 лет, поэтому в ближайшей перспективе такой путь нереален и нецелесообразен.

Наиболее эффективным путем коренного улучшения экологической ситуации является перевод автотранспортных средств на газомоторные виды топлива (в частности, на СУГ), которые позволяют сократить выбросы в атмосферу окислов углерода в 3-4 раза, окислов азота на 15-20%, полностью исключить выбросы ядовитых окислов свинца и в 8-10 раз снизить дымность отработавших газов дизельных двигателей. Альтернативное

топливо на автотранспорте позволит достичь норм выбросов вредных веществ в соответствии с требованиями евростандартов.

Говорить об этом можно долго, но нужно от слов переходить к конкретным действиям!

Развитие инфраструктуры автогазозаправочной отрасли – стратегическая задача сегодняшнего дня, с помощью которой мы сможем перевести большинство автомобилей, находящихся в эксплуатации, на экологически более чистое альтернативное топливо – газ. Ведь одна из причин, по которой большинство автомобилистов еще не перешло на более экономичное газовое моторное топливо, часто заключается в отсутствии автогазозаправочных станций или газомоторного топлива на них.

Экологически безопасным, экономически выгодным и наиболее удобным энергоносителем является сегодня газ, ресурсы которого в России могут обеспечить потребности всех регионов. Однако в настоящее время более 50% населенных пунктов не имеют магистрального газоснабжения.

В сельском хозяйстве сегодня целесообразно использовать газомоторное топливо (СУГ) и применять его в качестве энергоносителя для автотранспорта и для централизованного отопления жилых и производственных помещений, взамен твердого и жидкого топлива, цены на которое растут более интенсивно, чем на газ. Заместитель министра сельского хозяйства РФ уже заявлял о целесообразности перевода сельскохозяйственной техники на использование в качестве горючего газомоторного топлива. Сельхозпредприятия Нижегородской области и ряда других регионов России уже переходят на этот более дешевый вид топлива – природный газ. Для работы двигателей внутреннего сгорания могут использоваться все важнейшие с технической точки зрения газы. Газообразные виды моторного топлива очень выгодны для двигателей. Они обеспечивают более чистое сгорание, чем нормальные углеводородные виды горючего, высокую мощность двигателя

и низкий удельный расход топлива. Проблема остается в обеспечении сельского хозяйства газомоторным топливом.

В основных задачах государственной программы развития сельского хозяйства говорится о необходимости создания предпосылок для устойчивого развития сельских территорий, отмечается медленное развитие отрасли сельского хозяйства из-за неудовлетворительного уровня развития рыночной инфраструктуры, декапитализация и недостаточный приток частных инвестиций в развитие отрасли. Здесь, я считаю, партнерская программа Группы компаний «GT7» имеет все ресурсы для интеграции и построения бизнеса по доставке газомоторного топлива в регионы России. Суть программы была широко представлена на выставке «Автокомплекс 2007». Она предполагает консолидацию интересов участников рынка газомоторного топлива в решении вопросов о переводе автотранспорта на газ, а также обустройства федеральных трасс автогазозаправками.

Несомненно, что развитие сельского хозяйства без определенного воздействия со стороны органов экономической политики невозможно. И когда мы

говорим о планомерном его развитии, мы подразумеваем консолидацию интересов разных хозяйствующих субъектов. Развитие сети АГЗК и МАЗК в регионах несомненно повлечет за собой переход на более экономичные энергоносители, которым несомненно является газ. Применение газомоторного топлива на сельхозавтотранспорте имеет и огромное экономическое значение за счет разницы стоимости газа и бензина.

Мы много говорим о недостатках, связанных с обустройством федеральных трасс. В настоящее время большинство центральных автотрасс перегружено, сеть придорожного сервиса, как правило, неразвита. Это обусловлено, в основном, недостаточным финансированием. Развитие сети придорожного сервиса имеет особо важное значение в экономике России, занимающей огромные территории и расположенной на двух континентах. Приватизация отдельных частей транспортной инфраструктуры способствует расширению рынка транспортных услуг, развитию конкуренции, а следовательно и повышению эффективности использования магистралей страны.

Минтранс сегодня обеспечивает весомую долю сервиса на дорогах, а

именно – финансирует очистку дорог в зимний период, приводит их в порядок весной. Переход на международные стандарты качества автодорог сам по себе создает предпосылки для переобустройства придорожной инфраструктуры. Партнерская программа «GT7» предлагает оптимальное решение этой задачи, используя признанное, сертифицированное мировыми стандартами газовое оборудование «GT7», с помощью которого можно переоборудовать автозаправочные станции, муниципальный транспорт и предприятия, имеющие свой автопарк.

От развития газомоторной отрасли зависит экология в наших городах, на федеральных автомобильных трассах и на сопряженных с ними районах!

Я хочу пожелать сегодня руководителям всех предприятий автозаправочного комплекса, чтобы они объединили усилия по созданию благоприятной атмосферы, способствующей развитию задуманного. Проблемы есть и их надо решать. Как летчик-испытатель, я убежден, что если будут созданы все условия, то «полет» пройдет по заданной траектории, по намеченному маршруту!



**GT7**  
**ПАРТНЕРСКАЯ ПРОГРАММА**

- проектно-изыскательские работы и согласование проектов
- строительные и монтажные работы
- технологическое оборудование газ/бензин для автозаправочных станций всех типов
- сервисное обслуживание
- системы управления и программное обеспечение
- доставка топлива

<http://www.gazresurs.ru>

## История завода:

### 67 лет высокого качества и безопасности!

Решением Государственного Комитета обороны о создании производства в эвакуации в 1941 г. в Кузнецке был организован Завод «Молот». До 1946 г. завод производил оборонную продукцию, главным образом авиационные узлы и агрегаты. Сразу после войны был выполнен большой правительственный заказ на изготовление оборудования для Днепрогэса. С 1948 г. завод начинает выпускать торфосборочные машины, а затем, с 1952 г., и другие виды машиностроительной продукции. С 1958 г. завод переходит на выпуск оборудования для химической промышленности – станки, машины, а также агрегаты, поточные линии для переработки пластмассы и резины. В связи с уточнением специализации завода в 1965 г. завод становится уникальным на территории РСФСР. С 1967 г. завод «Кузполимермаш» производит оборудование для переработки полимеров и сосуды, работающие под давлением.

В 70-е гг. прошлого века он становится ведущим предприятием отрасли по трудовой и экологической культуре производства.

Полученный госзаказ на газовозы стимулировал конструкторов завода на дальнейшие разработки. Было сформировано предложение, которое привело к успеху после презентации первого «олимпийского» полуприцепа-газовоза в 1980 г. Конструкторское бюро (КБ) завода уделяло большое внимание обеспечению безопасности и надежности выпускаемых узлов и агрегатов, применив сочетание принятых госстандартов, стиля и потребностей. Как позже подтвердится, такая комбинация была очень успешной. Выпуск топливных автоцистерн АЦТ-8М, АЦТ-8МУ и других, зарекомендовавших себя позже, инновационных изделий еще больше утвердил качество продукции завода «Кузполимермаш». Изначально выгодное стратегическое положение завода в центральной части СССР, на пересечении железнодорожных путей из Европы в Азию, способствовало своевременной поставке оборудования в союзные республики.

В конце 90-х гг. прошлого века безопасности, по-прежнему, уделяется пер-

воочередное внимание. Обновления старого модельного ряда были ограничены. «Мы нуждаемся в расширении ассортимента высокотехнологичного оборудования», – таков был наиболее частый отзыв клиентов. Это послужило стимулом для проведения дальнейших исследований на заводе. Специалистами КБ были разработаны новые модели, фактически экспериментальные экземпляры, на которых тестировались различные компоненты, в том числе и по повышению безопасности. Впоследствии вышел целый ряд сертифицированных модификаций оборудования завода.

Желание потребителей покупать универсальный продукт для использования его в различных сферах привело конструкторов завода к необходимости разработки специального оборудования. Так, были представлены полимерные изделия и различные модификации газового оборудования, предназначенные для работы в различных климатических условиях. Изделия завода с успехом продаются в Казахстане, Узбекистане, Туркменистане, Украине и во всех регионах России. Продукция компании стала «бестселлером» на родине, как «не нуждающаяся в дополнительной смазке» и работающая надежно десятилетиями.

В 1998 г. ужесточились госстандарты, требования по качеству продукции и экологическим нормам. Со второго полугодия 2001 г. завод приступил к серийному производству подземных и наземных автогазозаправочных станций. Техническая эксплуатационная документация была согласована с Главным пожарным управлением МВД России, государственной противопожарной службой МЧС России, получены одобрения Ростехнадзора, Госстандарта России.

В новое тысячелетие завод вошел уже в Группе Компаний «GT7». Изделия завода «Кузполимермаш» и его филиалов теперь стали выходить с логотипом Группы Компаний «GT7». Было уделено особое внимание сегментации рынка и выделению его потребностей, контролю качества с помощью ультразвуковой и рентгенографической аппаратуры. Прошли эксплуатационные испытания

и проверку безопасности цистерны АЦТ-10 и АЦТ-22, предназначенные для перевозки опасных грузов, налажено их серийное производство. Реакцией КБ Группы компаний «GT7» на увеличившийся спрос и недостающие объемы производств полимерных труб и профилей из ПВХ для нужд строительства и ЖКХ стало предложение поставлять заказчикам новые линии для экструзионного производства, а также заводы «под ключ» для производства таких изделий. Работа линий прошла проверку эффективности при выпуске полимерных изделий на собственном производстве Группы компаний. Было сформировано подразделение специалистов Группы компаний «GT7», проводивших технический аудит, монтаж оборудования, подключение заводов к энергоресурсам, проведение пусконаладочных работ и гарантийное обслуживание. Была также создана транспортная компания, выполняющая логистические услуги потребителям по доставке сжиженного углеводородного газа, нефтепродуктов и аммиака на газовозах GT7.

Проверенные годами безупречной работы изделия, системы безопасности узлов и компоненты продукции Группы компаний «GT7» многократно премировались и отмечались знаком качества, грамотами международных выставок и потребителей. Изделия и разработки КБ защищены патентами. По результатам экспертной оценки Федеральной службы государственной статистики и агентства экономической информации «Прайм-ТАСС» предприятие представлено на получение Национальной премии «Лучшая компания 2006», а его продукция номинирована на получение Золотого сертификата качества в рамках Международной программы продвижения качества продукции.

Вся маркетинговая стратегия компании всегда строилась на принципах безопасности, что способствовало ее активному продвижению на рынке, давала дополнительные баллы в конкурентной борьбе с другими производителями и работала на укрепление доверия потребителей к марке «GT7».

Сегодня стимулы и запросы потребителя – это дизайн и качество по приемлемой цене, расширенный ряд изделий «GT7».

**Безопасность и технологичность – главная ценность среди всего, что разрабатывается Группой компаний «GT7».**



# насосный агрегат **FAS NZ-R10**

Производительность насосного агрегата — 90 литров в минуту при дифференциальном давлении 7 бар на скорости 2880 об/мин с электромотором 4,1 кВт. Глубина подъема — 3 м. Полное агрегатирование на заводе фирмы FAS в Германии. Полностью готов к эксплуатации. Цена — 56 тыс. рублей.

Официальный представитель фирмы FAS в России — компания «ХимГазКомплект»  
(812) 335-4950 | (495) 647-0577 | [info@fas.su](mailto:info@fas.su) | [www.fas.su](http://www.fas.su)





## ОАО «Алексеевка ХИММАШ» – аргументы в пользу надежности

С ростом российского рынка сжиженных углеводородных газов (СУГ) растет потребность в спецавтотехнике для перевозки этого продукта нефтегазовой отрасли.

Перед компаниями, работающими на рынке СУГ, резонно возникает вопрос выбора поставщика качественной и надежной техники, в связи с чем ответственным за решение этой проблемы приходится решать, какую технику для транспортировки СУГ выбрать – импортную или отечественную?



тотехника для СУГ» представлена полуприцепами-цистернами объемом от 10,5 до 46,5 м<sup>3</sup> (см. таблицу ниже).

Помимо спецавтотехники, предприятие освоило производство емкостного оборудования, в том числе подземных и надземных, одностенных и двустенных резервуаров для СУГ объемом от 2,5 до 200 м<sup>3</sup>. Клиенты компании «Алексеевка ХИММАШ» – это предприятия самых разных отраслей экономики, где применяются нефтепродукты, СУГ, аммиак или углекислота. Среди них – крупнейшие вертикально-интегрированные нефтегазовые компании России.

География продаж продукции завода включает в себя как регионы России, так и рынки ближнего и дальнего зарубежья: Украина, Белоруссия, Казахстан, Молдавия, Узбекистан, Куба, Румыния, Иран, Словакия, Польша и др.

Важным событием в истории развития предприятия является открытие в конце 2006 г. торгового дома в г. Воронеж – ТД «Алексеевка ХИММАШ», который в настоящее время является единственным сбытовым филиалом завода.

Многие компании нефтегазового рынка выбирают технику производства ОАО «Алексеевка ХИММАШ», руководствуясь следующими аргументами:

1. Спецавтотехника для СУГ производства компании «Алексеевка ХИММАШ» оснащена сосудами, «сшитыми» из низколегированной стали 09Г2С, применение которой позволяет использовать цистерны в тяжелых клима-

Ответ в данном случае очевиден – покупка надежной отечественной техники, отвечающей всем стандартам качества, которая по цене ниже импортных аналогов. Именно такую технику изготавливает **ОАО «Алексеевка ХИММАШ»** с применением в производстве импортных комплектующих, узлов и агрегатов.

Алексеевский завод «Химмаш» (Белгородская область, г. Алексеевка) был основан более 30 лет назад как крупное предприятие химического машиностроения. За последнее десятилетие предприятие существенно расширило ассортиментный ряд выпускаемой продукции, освоив производство спецавтотехники.

В настоящее время ОАО «Алексеевка ХИММАШ» производит широкий ассортимент техники для транспор-

тировки СУГ, светлых и темных нефтепродуктов, аммиака, углекислоты и органических удобрений. Качество этой техники соответствует запросам самого требовательного клиента. Так, например, только категория «спецав-

Таблица

Модель	Вместимость, м <sup>3</sup>	Шасси	Колеса
96201S	46,5	Пневматическая BPW или рессорная	3 оси, 6 колес
96093P	36,0	Пневматическая BPW или рессорная	3 оси, 6 колес
96201M	32,0	Пневматическая BPW	2 оси, 8 колес
96201D	32,0	Рессорная	2 оси, 8 колес
96201P	27,0	Рессорная	2 оси, 8 колес
960900	21,0	Пневматическая BPW или рессорная	1 ось, 4 колеса
96091P	17,6	Рессорная	2 оси, 8 колес
96092P	10,5	Пневматическая BPW	1 ось, 4 колеса

тических условиях, например, в зимний период, когда температура воздуха достигает  $-60^{\circ}\text{C}$ . Завод изготавливает технику для эксплуатации в разных климатических условиях: от Крайнего Севера до регионов с жарким климатом (в этом случае сосуд оснащается специальным теновым кожухом). При этом высокое качество сварных швов гарантирует герметичность сосудов при больших сроках эксплуатации.

2. Завод изготавливает также подкатной агрегат полуприцеп-цистерны на собственных производственных мощностях, что позволяет вести постоянный контроль качества в процессе производства изделия и сокращает сроки поставки цистерн.

3. Немаловажным аргументом в пользу высокого качества продукции ОАО «Алексеевка ХИММАШ» является пневмоподвеска импортного производства (немецкого концерна «BPW»), которая адаптирована специально для тяжелых дорожных условий России. Доработки в конструкцию пневмоподвески были внесены после проведения ряда испытаний в 1996-2000 гг. при проезде мобильной лаборатории концерна «BPW» по дорогам России. Динамические нагрузки, возникающие при движении по российским дорогам, в среднем в три раза выше, чем на дорогах Западной Европы.

4. Для оптимизации тягового усилия при начале движения с места и увеличения эксплуатационного ресурса резины почти в два раза ОАО «Алексеевка ХИММАШ» устанавливает на изделия механизмы подъема оси фирмы «WABCO». Ось опускается автоматически при движении с места или как только нагрузка превысит установленное значение.

5. На изделиях устанавливается также антиблокировочная система тормозов (АБС) компании «WABCO» – крупнейшего в мире разработчика и производителя агрегатов управления тормозных, трансмиссионных, воздушных систем, а также систем подвесок грузовых автомобилей. АБС-система сокращает тормозной путь, предотвращает занос полуприцепа при торможении на скользкой дороге и уменьшает износ шин.

6. Технологический ящик цистерны «Алексеевка ХИММАШ» оснащается

импортным насосным оборудованием производства лидеров мирового рынка – компаний «Blackmer» и «Corken», импортными счетчиками, запорной арматурой. Крышка технологического ящика изготовлена из алюминия, что является антикоррозийной защитой для оборудования ящика.

7. ОАО «Алексеевка ХИММАШ» покрывает собственные изделия долговечной импортной краской производства Швеции, так что цистерна не только надежна при эксплуатации, но и сохраняет привлекательный внешний вид.

Следует подчеркнуть, что маркетинговая и сбытовая политика компании построена на принципе заботы о клиенте. Компания готова рассмотреть возможность изготовления техники, отвечающей запросам самого требовательного покупателя.

Оснащение полуприцепов-цистерн технологическим оборудованием и выполнение обвязки выполняется по желанию клиентов. К примеру, на заводе «Алексеевка ХИММАШ» была выполнена работа по установке компрессорного оборудования на полуприцеп-цистерну, в результате удалось добиться полного слива жидкого продукта. И это всего лишь при единичном заказе!

Следует отметить, что в целях достижения максимального удобства для клиента конструкция и комплектующие технологического ящика полуприцеп-цистерны постоянно совершенствуются.

Руководствуясь требованиями законодательства РФ по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов, все полуприцеп-цистерны разработаны и спроектированы с учетом оптимальной нагрузки по осям на дорожное полотно. Даже модель цистерны 96201S, с самой большой вместимостью в России –  $46,5\text{ м}^3$ , имеет оптимальную нагрузку осей на дорожное полотно.

Неоспоримым аргументом для клиентов в пользу выбора техники производства завода «Алексеевка ХИММАШ» являются минимальные для российского рынка сроки поставки спецавтотехники, что обеспечивается, прежде всего, за счет того, что подкатной агрегат цистерны изготавливается непосредственно на заводе. Часть изделий всегда ждет своего покупателя на складе.



По желанию клиента, возможна поставка полуприцепов-цистерн в составе автопоездов. Как пример, возможна поставка в составе тягачей МАЗ – MAN, которые обладают повышенным ресурсом эксплуатации за счет использования импортных немецких комплектующих и немецкой технологии сборки, при этом стоимость тягачей ниже европейских аналогов.

Будущее ОАО «Алексеевка ХИММАШ» связано, прежде всего, с постоянной модернизацией и совершенствованием изделий существующего модельного ряда. Для чего технические и конструкторские службы компании постоянно работают над новыми технологическими идеями и разработками. В поисках идей для совершенствования изделий специалисты компании регулярно посещают крупнейшие отечественные и зарубежные выставки и конференции.

Другим вектором развития компании «Алексеевка ХИММАШ» является освоение новых видов спецавтотехники.

И, конечно же, будущее компании напрямую связано с ее клиентами и их потребностями. Поэтому поддержание обратной связи со своими клиентами, понимание преимуществ и недостатков произведенных изделий, анализ пожеланий и предложений клиентов является первостепенной задачей для компании «Алексеевка ХИММАШ» и в настоящем, и в будущем.



**По вопросам приобретения техники обращайтесь**

**ООО ТД «Алексеевка ХИММАШ»**  
**г. Воронеж, ул. 9 Января, 68, оф. 802**  
**Тел. (4732) 39-55-29, 60-42-99**  
**Тел/факс: (4732) 39-55-28**  
**www.azhm.ru**  
**e-mail: td-azhm@mail.ru**

# Эффективность использования СУГ для организации газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием

**Н.Н. Патрахальцев,**  
профессор РУДН, д.т.н.,

**Е.Л. Силин,**  
магистр техники и технологии, аспирант РУДН,

**О.В. Камышников,**  
профессор Национального университета Сан Августина (Перу), к.т.н.

Одной из актуальных проблем современности является расширение использования альтернативных видов моторных топлив в двигателях внутреннего сгорания. Решение этой проблемы связано с необходимостью экономии традиционных нефтяных топлив и с потребностью улучшения экологической обстановки как в местах эксплуатации автотранспорта, так и в глобальном масштабе.

Различные газовые топлива являются представителями альтернативных топлив с высокими экологическими качествами. Применение газовых топлив в дизелях достигается, как правило, путем организации рабочего процесса по принципу смешанного смесеобразования: внутреннего по запальному дизельному топливу и внешнего по газовому. В то же время известно, что только внутреннее смесеобразование создает возможности высокой форсировки дизеля газотурбинным наддувом при высокой экономичности процесса и низких выбросах токсичных элементов.

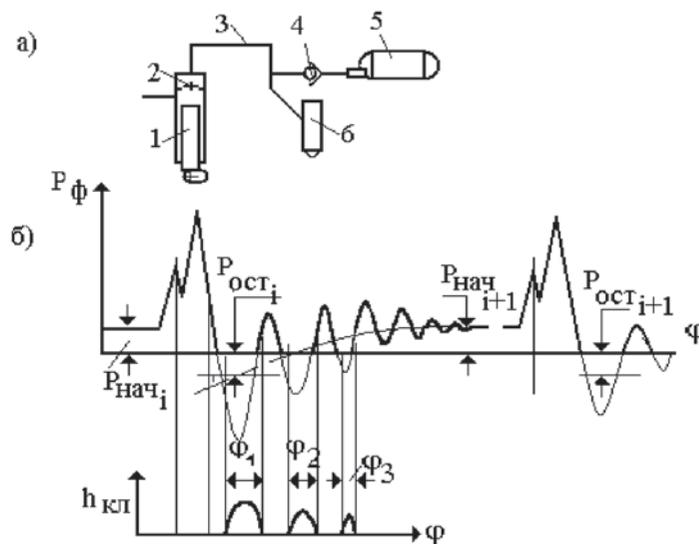
Внутреннее смесеобразование по компримированному природному газу (КПГ) и запальному дизельному топливу реализовано только в крупных стационарных и судовых дизелях, что обеспечило получение практически бездымного выпуска и высочайшего эффективного КПД – до 55% [1]. В дизелях автотракторного назначения газодизельный процесс с внутренним смесеобразованием пока можно реализовать лишь с использованием впрыска в цилиндры жидкой фазы сжиженного углеводородного газа (СУГ). При этом топливная аппаратура дизеля или существенно изменяется (двойная система топливоподдачи) [2], или претерпевает сравнительно простые, модернизационные изменения. В

последнем случае практически с помощью штатной топливной аппаратуры в цилиндры впрыскивается заранее приготовленная смесь дизельного топлива с СУГ [3] или такая смесь, но созданная непосредственно в линии высокого давления перед форсункой [4].

Существо последней из указанных систем заключается в следующем (рис. 1а).

К линии высокого давления (ЛВД) 3 штатной топливной системы, содержащей топливный насос высокого давления 1 с нагнетательным клапаном 2, вблизи форсунки 6 закрытого типа через клапан 4, называемый клапаном РНД, подключают баллон 5 с СУГ, причем, с зоной его жидкой фазы. ТНВД 1 обычным порядком нагнетает топливо в ЛВД 3 и далее к форсунке 6. Осциллограмма  $P_{\phi} = f(\phi)$  на рис. 1б показывает изменение давления в ЛВД 3 вблизи форсунки при этом процессе. Каждый цикл  $i$ -й,  $(i+1)$ -й топливоподдачи начинается с некоторого уровня начального давления  $P_{нач}$ , а заканчивается остаточным давлением  $P_{ост}$ .

Повышение начального давления относительно остаточного в  $i$ -м цикле достигается благодаря «зарядке» ЛВД 3 через клапан 4 РНД. На рис. 1а клапан 4 условно показан как невозвратный шариковый. Вариант его действительного конструктивного выполнения приведен в работе [5]. При отсечке подачи топлива насосом 1, когда нагнетательный



**Рис. 1.** а – схема системы топливоподдачи с клапаном регулирования начального давления (РНД) для ввода жидкой фазы СУГ в линию высокого давления вблизи форсунки; б – схемы осциллограмм изменения давления топлива вблизи форсунки ( $P_{\phi}$ ) и движения клапана РНД ( $h_{кл}$ ) в функции от угла поворота ( $\phi$ ) коленчатого вала двигателя; 1 – топливный насос высокого давления (ТНВД); 2 – нагнетательный клапан; 3 – линия высокого давления (ЛВД); 4 – клапан РНД; 5 – баллон СУГ; 6 – форсунка

клапан 2 своим разгрузочным пояском формирует в ЛВД 3 волну пониженного давления, она, подбегая к клапану 4, открывает его, и жидкая фаза СУГ из баллона 5 вводится в ЛВД 3, перемешиваясь там с дизельным топливом. В очередном цикле топливоподачи полученное таким образом смесевое топливо впрыскивается в цилиндр дизеля штатной форсункой 6. Таким образом, добавка СУГ через клапан РНД не только создает смесевое топливо, но и повышает начальное давление  $P_{нач}$  в очередном (i+1)-м цикле топливоподачи. А это приводит к дополнительному эффекту – интенсификации впрыскивания и повышению производительности системы, а следовательно – к корректированию характеристик топливоподачи и газодизеля.

Повышенная степень коррекции топливной аппаратуры с РНД приводит к увеличению относительной мощности, развиваемой газодизелем, по сравнению с мощностью дизеля при тех же частотах вращения КВ двигателя и положениях рейки ТНВД (рис. 2). При этом повышенное содержание СУГ в смесевом топливе на частичных

нагрузках приводит к повышенному росту развиваемой двигателем мощности (вплоть до 50% роста мощности). При положении рейки ТНВД, равном 100%, мощность двигателя на номинальном режиме увеличивается лишь на 2%, несмотря на подачу СУГ, что объясняется использованием в ТНВД нагнетательных клапанов с повышенной объемной разгрузкой ( $V_{раз} = 60 \text{ мм}^3$  вместо  $53 \text{ мм}^3$ ), необходимой для повышения эффективности образования волнового процесса в ЛВД 3, а также снижением экономичности процесса газодизеля на 5% (без изменения штатной установочной регулировки двигателя по углу опережения впрыскивания) в диапазоне изменения частоты вращения КВ двигателя 2200-1500  $\text{мин}^{-1}$  и нагрузках, близких к 100%.

На частичных нагрузочных режимах во всем диапазоне изменения частоты вращения КВ двигателя экономичность газодизельного процесса превышает экономичность дизеля в штатном исполнении (расходы топлив приведены к дизельному топливу по нижней теплоте сгорания).

Следует отметить, что рост экономичности сопровождается повышением жесткости работы двигателя, что, очевидно, потребует изменения угла опережения впрыскивания и приведет к определенной потере экономичности. В исследовании сохранение неизменным угла опережения впрыскивания топлива принималось на том основании, что предполагается перевод дизеля на газодизельный процесс без изменения его конструкции и регулировок. Повышенная разгрузочная способность нагнетательного клапана ТНВД при работе по дизельному процессу компенсируется использованием системы с РНД, в которой через клапан вводится не СУГ, а дизельное топливо.

Добавка к топливу СУГ существенно снижает дымность выбросов двигателя. Относительное снижение дымности ОГ газодизеля по сравнению с дизелем в штатном

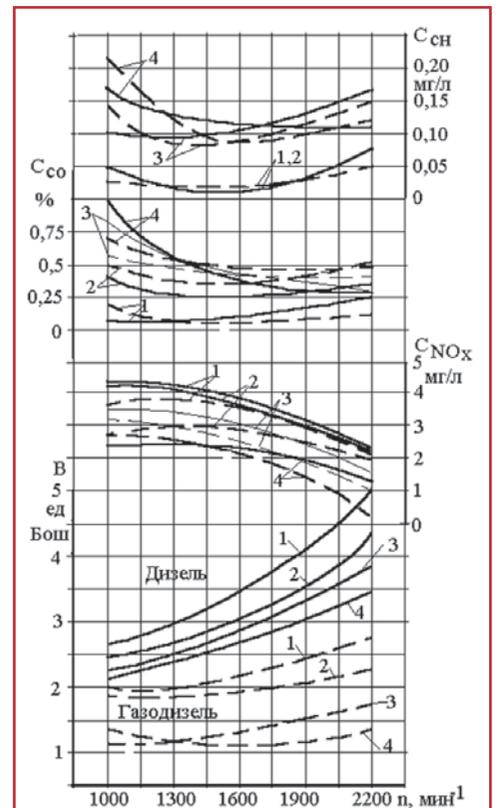


Рис. 3. Сравнение скоростных характеристик дизеля 4С 11/12,5 и газодизеля с внутренним смесеобразованием (на базе того же дизеля) по показателям токсичности и дымности отработавших газов: 1 – положение рейки ТНВД ( $h_p = 100\%$ ); 2 –  $h_p = 75\%$ ; 3 –  $h_p = 50\%$ ; 4 –  $h_p = 25\%$ ;  $C_{NOx}$ ,  $C_{CO}$ ,  $C_{CH_4}$  – концентрации оксидов азота, оксидов углерода и углеводородов в отработавших газах соответственно; В – дымность отработавших газов по шкале Бош

исполнении составляет более 50% на номинальном режиме и достигает 70% на режимах пониженных частот вращения КВ двигателя при полных нагрузках. Очевидно, этот эффект применения СУГ может быть наиболее важным для дизелей, находящихся в эксплуатации.

Анализ изменения показателей токсичности и дымности газодизеля проведен в условиях, когда без изменения конструктивных элементов ТНВД на систему установили клапаны РНД и систему подачи СУГ. Нагрузка на номинальном скоростном режиме двигателя устанавливалась выбранными положениями рейки ТНВД, которые составляли соответственно  $h_p = 100\%$ , 75%, 50% и 25%. В этих условиях были сняты внешняя и частичные скоростные характеристики газодизеля и дизеля. Результаты замеров приведены на рис. 3. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что концентрации углеводородов

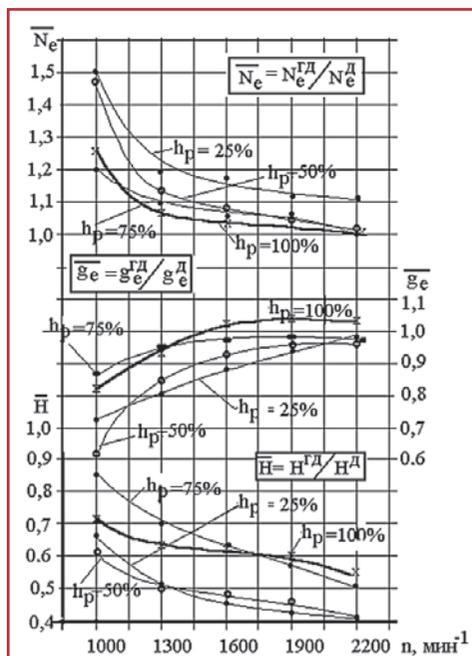


Рис. 2. Влияние добавки СУГ к дизельному топливу на изменение относительных мощности ( $N_e$ ), экономичности ( $g_e$ ) и дымности (Н) отработавших газов дизеля 4С 11/12,5 (абсолютные расходы сжиженного газа приведены к расходу дизельного топлива по теплоте сгорания): д, гд – дизель, газодизель,  $h_p$  – положение рейки топливного насоса высокого давления

**Значения расходов СУГ и дизельного топлива при работе газодизеля в соответствии с циклограммой эксплуатационного цикла дизеля типа Д-240 (4Ч 11/12,5) трактора МТЗ-80/82**

Частота вращения КВ, п, мин <sup>-1</sup>	Загрузка двигателя по мощности, N <sub>е</sub> , %	Часовой расход, кг/ч		Относительное замещение топлива, G <sub>г</sub> /G <sub>дт</sub>	Дымность ОГ, ед. Бош
		СУГ, G <sub>г</sub>	дизельного топлива, G <sub>дт</sub>		
2200	100	2,85	14,8	0,19	1,74
1900	96	2,2	12,7	0,17	1,81
1600	75	2,12	10,5	0,20	1,9
1300	60	2,05	8,2	0,18	1,71
1000	35	1,4	5,4	0,26	2,3
2200	66	2,4	11,5	0,21	2,23
1900	49	2,44	9	0,27	2,57
1600	46	1,2	7,3	0,17	2,72
1300	41	1,28	7	0,18	2,23
1000	27	0,84	5,4	0,16	2,28
2200	43	3,28	10,8	0,30	2,33
1900	28	2,2	7,5	0,29	3,1
1600	26	2,48	7,4	0,33	3,1
1300	20	1,6	5,4	0,3	2,95
1000	15	1,64	5	0,33	2,41

СН и оксидов углерода СО в ОГ дизеля и газодизеля достаточно малы и мало отличаются друг от друга. Концентрации оксидов азота при переходе на газодизельный процесс с внутренним смесеобразованием несколько снижаются: при полной нагрузке и малых частотах вращения вала двигателя – на 10%, на номинальном режиме – на 7-8%.

При частичных нагрузочных режимах концентрации оксидов азота в ОГ снижаются на 40-50%. Наиболее существенно переход на газодизельный цикл сказывается на показателях дымности ОГ. На номинальном режиме дымность снизилась почти на 50%, при минимальной частоте вращения КВ двигателя и полной нагрузке – на 26%, а на частичных нагрузках – на 50-60%.

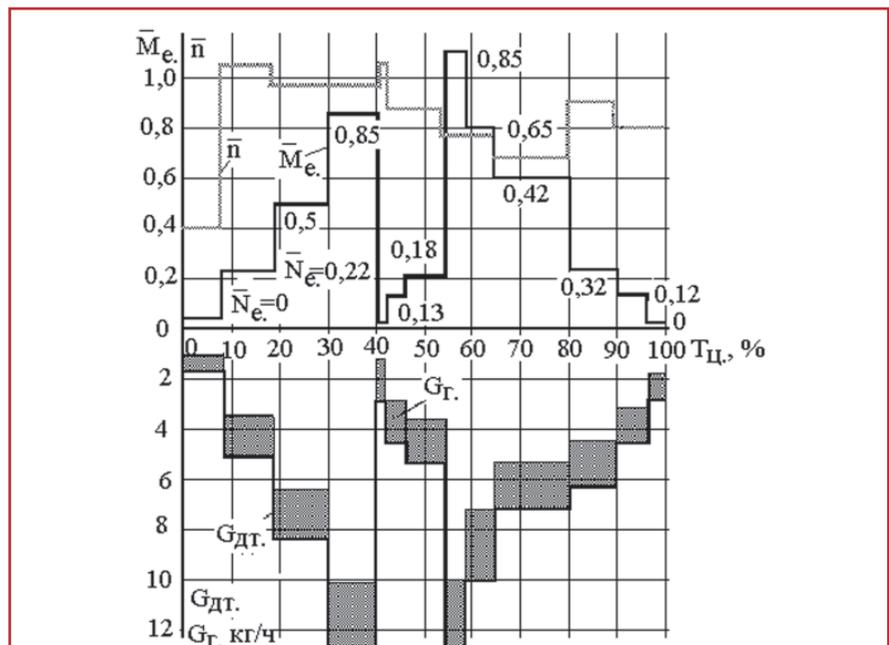
По условиям организации рабочего процесса без изменения регулировки дизеля подача СУГ должна быть ограничена 40-50% массовых на полных нагрузках со снижением при уменьшении нагрузки и частоты вращения КВ двигателя. Полученные при этом характеристики изменения содержания газа и дизельного топлива в смесевом топливе показаны выше в таблице.

При внешнем смесеобразовании по сжиженному газу для газодизелей со смешанным смесеобразованием, обладающих свойством быстрой конвертации на дизельное топливо, на номинальном режиме достигается замещение газом 70-80% дизельного топлива. Увеличение этой доли сдер-

живается необходимостью сохранения цикловой подачи запального дизельного топлива не меньше 20-30% от номинала с целью обеспечения эффективного охлаждения распылителей форсунок при работе по газодизельному циклу на полной мощности. С учетом вынужденного отключения подачи СУГ на холостом ходу и регулирования мощности изменением расхода СУГ такой способ, согласно расчетам,

позволяет сэкономить до 40% дизельного топлива.

Эффективность применения способа подачи СУГ через клапан РНД целесообразно оценивать по циклограмме эксплуатационного цикла дизеля Д-240 трактора МТЗ-80/82 (рис. 4), которая отражает годовую структуру режимов работы двигателя [6]. Так, для универсально-пропашного трактора класса 1,4 среднегодовое относительное зна-



**Рис. 4.** Часовые расходы дизельного топлива ( $G_{дт}$ , сплошная жирная линия) и сжиженного нефтяного газа ( $G_{г}$  – заливка серым цветом) по циклограмме эксплуатационного цикла дизеля типа Д-240 трактора МТЗ-80/82:  $M_e = M_e / M_{e,ном}$  – относительный крутящий момент;  $\bar{n} = n / n_{ном}$  – относительная частота вращения КВ вала;  $\bar{N}_e = N_e / N_{e,ном}$  – относительная мощность двигателя;  $T_{ц}$  – период цикла

чение частоты вращения КВ двигателя составляет 0,84 номинала, а относительный крутящий момент – 0,42. Продолжительность работы на холостом ходу – до 15% времени работы дизеля. При таком наборе режимов степень замещения дизельного топлива СУГ составляет до 28% или в среднем 1,85 кг/ч. При годовой наработке трактора 1350 ч сжиженным углеводородным газом может быть замещено до 2500 кг дизельного топлива.

Кроме того, исследования показали, что при способе организации газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием дымность ОГ снижается на величину до 30-40% на полных нагрузках и практически на величину до 100% на частичных нагрузках (ниже 50%) и режиме холостого хода. Положительная сторона такого способа – пониженный выброс углеводородов и окиси углерода, так как благодаря внутреннему смесеобразованию по газу в цилиндре к моменту воспламенения не успевают образоваться переобедненные зоны. В то же время наблюдаемое улучшение смесеобразования (благодаря наличию в топливном факеле сжиженного газа), повышение

стабильности параметров от цикла к циклу (благодаря системе РНД), некоторое снижение температуры в факеле уменьшают выброс окислов азота.

Исследования показали, что пуск прогретого двигателя возможен и на смеси дизельного топлива с СУГ. Однако выход на устойчивый режим с повышенной частотой вращения КВ двигателя затруднен до тех пор, пока охлаждающая жидкость в двигателе не прогреется до температуры 60-70°C.

Таким образом, представляется вполне реальным применение СУГ в качестве добавки к основному дизельному топливу и организация газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием с целью экономии нефтяного жидкого топлива, снижения дымности и токсичности выбросов. При этом реализация такого процесса особенно целесообразна на двигателях, находящихся в эксплуатации.

## Литература

1. **Л.В. Виноградов, В.В. Горбунов, Н.Н. Патрахальцев, В.Л. Стативко.** Применение газовых топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: ИРЦ Газпром, 1996. – С. 187.
2. **Н.Н. Патрахальцев, Л.В.А. Санчес.** Пути развития топливных систем для подачи в цилиндр дизеля нетрадиционных топлив. – Двигателестроение. – 1988, № 3. – С. 11-13.
3. **М.Д. Мамедова.** Работа дизеля на сжиженном газе. – М.: Машиностроение. – 1980. – С. 60.
4. **Н.Н. Патрахальцев.** Аппаратура для газодизельного процесса. – Автомобильная промышленность. 1988, № 7. – С. 16-18.
5. **Н.Н. Патрахальцев, Е.В. Медведев, В.Л. Казначевский.** Возможности использования сжиженного нефтяного газа в качестве добавки к дизельному топливу. – Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2004, № 1 (13). С. 5-7.
6. **В.И. Куличков, О.В. Камышников, П.Д. Лупачев.** Возможности экономии дизельного топлива при организации газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием. – Тракторы и сельхозмашины. – 1990, № 10. – С. 8-9.

## Компрессор из Цемесской бухты

Соглашение о создании сборочного производства по выпуску автогазонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в Новороссийске компанией «Дельта авто» и аргентинской «Delta Compression S.R.L.» (марка «Aspro») будет подписано в ближайшее время, сообщил газете «Ведомости» главный инженер «Дельта авто» Николай Вединяпин. Строительство уже началось, и в середине 2008 г. завод начнет работать. «Мы на финальном этапе перегово-

ров, это строительство первого завода «Aspro» в России», – отметил менеджер по продажам компании «Delta Compression S.R.L.» Клаудио Спуркел. Производство разместится на площадке в 1500 м<sup>2</sup>, принадлежащей компании «Дельта авто», максимальная мощность – 10 АГНКС в месяц. Компания «Дельта авто» будет закупать у «Delta Compression S.R.L.» комплектующие. Инвестиции компании «Дельта авто» составят около 118 млн. руб. собственных средств, – сказал Н.Вединяпин.

Первая партия (10 АГНКС) будет готова к июлю 2008 г. Приоритетным является рынок сбыта в России, возможны поставки в Среднюю Азию, Молдавию и Болгарию. Цена АГНКС в зависимости от комплектации составляет 8,5-27 млн. руб., говорит Н.Вединяпин и добавляет, что новороссийские АГНКС будут примерно на 10% дешевле аргентинских.

По данным Национальной газомоторной ассоциации, в России работает 221 АГНКС (198 принадлежат «Газпрому», 19 – ФГУП «СГ-Транс», остальные у мелких трейдеров). К 2016 г. ОАО «Газпром» планирует построить еще 200 АГНКС.

*Ведомости - Ростов-на-Дону, 04.12.2007, 229 (2003)*

## Компания «Лигир» стала официальным дистрибьютором украинского производителя «Шельф»

ОО «Лигир» (г. Москва) стало официальным дистрибьютором украинского производителя топливораздаточного оборудования ООО ТД

«Шельф». Согласно заключенному договору, компания «Лигир» имеет право продажи, сервисного обслуживания и технического сопровождения всего

спектра оборудования «Шельф». На сегодняшний день НПК «Шельф» производит раздаточное оборудование для АЗС, АГЗС, в том числе компрессоры для АГНКС.

Модельный ряд представлен 49 моделями: шесть серий ТРК, масло-раздаточных колонок, ГНК для отпуска СУГ и метана. Все оборудование сертифицировано в России.

[http://au98.ru/m/187723/ligir\\_stal\\_ofitsialnym\\_distribbyutorom\\_ukrains.html?yandex](http://au98.ru/m/187723/ligir_stal_ofitsialnym_distribbyutorom_ukrains.html?yandex)

# Оценка эффективности применения биодизельного моторного топлива в полном жизненном цикле

**А.В. Козлов**, вед. научный сотрудник ФГУП «НАМИ», д.т.н.,  
**А.С. Теренченко**, зав. лабораторией ФГУП «НАМИ», к.т.н.

Начало XXI в. характеризуется возрастающей озабоченностью человечества проблемами истощения природных ресурсов и загрязнения окружающей среды. Человечество все в большей степени нарушает сложившиеся в природе процессы самовосстановления и самоочищения. В этой связи особый интерес вызывают альтернативные топлива на основе биомассы, которая является органической частью экосистемы Земли и регулярно возобновляется, поглощая при этом парниковые газы из атмосферы.

Большой интерес для условий Российской Федерации представляет биодизельное топливо. Оно обладает целым рядом преимуществ в сравнении с дизельным топливом нефтяного происхождения – имеет более высокое цетановое число, исключительно низкое содержание серы в топливе, безвредно для окружающей среды, снижает выбросы CO, CH и частиц при работе дизеля, а также парниковых газов (с учетом поглощения CO<sub>2</sub> из атмосферы в период роста биомассы).

Представляет интерес количественная оценка эффективности применения биодизельных моторных топлив в дизелях с учетом затрат энергии, выбросов вредных веществ и экономики использования этого вида альтернативного топлива. В современных условиях целесообразно производить оценку эффективности применения биотоплив в полном жизненном цикле (ПЖЦ) [1,2].

Проведенный анализ литературных данных и данных экспериментальных исследований позволил выбрать для анализа несколько вариантов топлив: смесевые топлива, содержащие различное количество биодизельного топлива, и биодизельное топливо в чистом виде. Для рассмотрения взяты два вида биотоплив, потенциально применимых в условиях Российской Федерации: из рапсового масла и из соевого масла. В анализ для сопоставления включено также традиционное нефтяное дизельное топливо.

Все варианты моторных биотоплив, рассматриваемые в данной статье, представлены в табл. 1.

На основании математической модели материальных и энергетических потоков, а также методик расчета

ущерба, наносимого окружающей среде, и расчета экономической эффективности применения биотоплив [3,4], были проведены расчеты показателей в полном жизненном цикле для всех выбранных вариантов. В ходе расчетов были определены: расход невозобновляемых природных ресурсов; расход энергии; выброс вредных веществ в атмосферу; ущерб, наносимый окружающей среде; экономические затраты на реализацию жизненного цикла топлива.

Все представленные ниже результаты оценки полного жизненного цикла отнесены на 1 кВт·ч работы, производимой дизелем, для удобства сравнения вариантов.

Ниже приведены исходные данные для проведения расчетов.

Таблица 1

## Варианты моторных биотоплив для проведения анализа жизненного цикла

Вид топлива	Обозначение
Смесь 20% биодизельного топлива из сои и 80% дизтоплива	Б20 (соя)
Смесь 50% биодизельного топлива из сои и 50% дизтоплива	Б50 (соя)
Биодизельное топливо из сои	Б100 (соя)
Смесь 20% биодизельного топлива из рапса и 80% дизтоплива	Б20 (рапс)
Смесь 50% биодизельного топлива из рапса и 50% дизтоплива	Б50 (рапс)
Биодизельное топливо из рапса	Б100 (рапс)

Таблица 2

## Показатели дизеля при работе на дизельном моторном топливе (по испытательному циклу в соответствии с Правилами № 49 ЕЭК ООН), г/кВт·ч

Показатель	Величина
Удельный расход топлива	240
Выброс CO	4
Выброс CH	1,1
Выброс NO <sub>x</sub>	7
Выброс PM	0,15
Выброс SO <sub>2</sub>	0,12
Выброс CO <sub>2</sub>	773,3
Выброс CH <sub>4</sub>	0,025

Таблица 3

**Относительные показатели использования альтернативных моторных топлив в дизеле**

Характеристики вариантов	Б20 (соя)	Б50 (соя)	Б100 (соя)	Б20 (рапс)	Б50 (рапс)	Б100 (рапс)
КПД	100	100	100	100	100	100
Выброс CO	87	78	56	91	78	55
Выброс CH	89	72	44	87	67	37
Выброс NO <sub>x</sub>	101,2	103	106	101,5	103	106
Выброс PM	82	70	45	88	75	55
Выброс SO <sub>2</sub>	80	50	5	80	50	5
Выброс CH <sub>4</sub>	100	100	100	100	100	100

Принято, что дизель, рассматриваемый в данном анализе, удовлетворяет требованиям норм «Евро-2» для двигателей автомобилей полной массой более 3,5 т (Правила № 49 ЕЭК ООН). Показатели дизеля, работающего на дизельном топливе, представлены в табл. 2.

При оценке стадии эксплуатации полного жизненного цикла использовались показатели двигателей в 13-ступенчатом испытательном цикле в соответствии с Правилами № 49 ЕЭК ООН. Было принято, что при конвертации двигателей для работы на биотопливах обеспечивалась такая же мощность на режимах испытательного цикла, как и при работе на нефтяном топливе.

Показатели силовых установок при использовании различных видов топлив в дизеле представлены в табл. 3. Показатели были получены на основе проведенных экспериментальных исследований и литературных данных и

заданы в процентах по отношению к дизелю (принятому за 100%), работающему на дизельном топливе.

Для расчета экономических показателей альтернативных моторных топлив использовались следующие величины стоимости моторных топлив, полученные на основе анализа рыночных цен (от 1.01.2008 г.): дизельное топливо – 20,0 руб./л, биодизельное топливо – 12 руб./кг (10,6 руб./л).

В расчетах принято, что дизель работает на смесевых и чистых биодизельных моторных топливах без какого-либо изменения конструкции и имеет тот же ресурс, что и при работе на дизельном моторном топливе. Заправка производится с использованием существующей инфраструктуры для дизельного топлива.

При расчетах не учитывались капиталовложения в развитие производственных мощностей по получению биотоплив.

В табл. 4 представлены результаты оценки полного жизненного цикла дизельного топлива и биотоплива.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что наибольшее количество энергии расходуется при получении биодизельного топлива из соевого масла, что связано с более высокими затратами энергии на процесс выращивания биосырья. В то же время получение биотоплива связано с уменьшением затрат ископаемых природных ресурсов пропорционально увеличению доли заменяемого дизельного топлива. Переход на использование чистого биодизельного топлива позволяет снизить расход невозобновляемых природных ресурсов на 55-65%.

На стадии получения моторных биотоплив наибольшие суммарные выбросы характерны для получения соевого биодизельного топлива (на 20% выше, чем для дизтоплива) и смесевых топлив на его основе. При получении рапсового биодизельного топлива в атмосферу попадает на 15% меньше вредных веществ, чем при получении дизтоплива.

Суммарные выбросы вредных веществ при переходе на биотоплива уменьшаются (на 17-18% на чистом биодизельном топливе), однако наблюдается некоторый рост выбросов оксидов азота.

Наибольший расход энергии наблюдается в полном жизненном цикле соевого биодизельного топлива, наименьший – дизельного топлива, то есть применение биотоплива связано с увеличением суммарного расхода энергии из-за больших ее затрат на ста-

Таблица 4

**Показатели моторных топлив в полном жизненном цикле**

Показатель	Дизтопливо	Б20 (соя)	Б50 (соя)	Б100 (соя)	Б20 (рапс)	Б50 (рапс)	Б100 (рапс)
Расход ресурсов, г/кВт·ч:							
уголь	2,9	2,4	1,6	0,0	2,4	1,6	0,0
нефть	253,8	214,2	151,5	37,2	212,8	147,7	28,1
природный газ	8,2	21,5	42,5	80,9	18,2	34,1	63,2
всего	264,9	238,1	195,6	118,1	233,4	183,3	91,3
Расход энергии, МДж/кВт·ч	13,4	13,8	14,6	15,9	13,6	14,0	14,7
Выброс, г/кВт·ч:							
CO	4,52	4,07	3,84	3,17	4,15	3,62	2,67
CH	2,08	1,96	1,78	1,50	1,81	1,40	0,73
NO <sub>x</sub>	7,49	7,78	8,24	9,05	7,81	8,26	9,09
PM	0,30	0,26	0,22	0,15	0,31	0,32	0,35
SO <sub>2</sub>	1,23	1,05	0,77	0,27	1,01	0,66	0,04
CO <sub>2</sub>	865,63	752,64	573,78	247,76	742,85	547,77	189,83
CH <sub>4</sub>	0,74	0,76	0,78	0,82	0,61	0,41	0,04

Результаты технико-экономической оценки моторных биотоплив в полном жизненном цикле

Показатель	Дизтопливо	Б20 (соя)	Б50 (соя)	Б100 (соя)	Б20 (рапс)	Б50 (рапс)	Б100 (рапс)
Затраты за полный жизненный цикл, руб./кВт·ч	5,601	5,165	4,475	3,217	5,173	4,492	3,243
Ущерб от загрязнения окружающей среды, руб./кВт·ч	1,080	1,041	0,993	0,905	1,048	0,998	0,913
Затраты на ПЖЦ с учетом ущерба, руб./кВт·ч	6,681	6,206	5,468	4,122	6,221	5,490	4,157

дии производства биотоплив в сравнении с дизтопливом.

Вклад стадии производства моторных топлив в расход энергии за полный жизненный цикл находится на уровне 25% для дизельного топлива и возрастает, по мере увеличения доли биодизельного топлива, до 37% у топлива из соевого масла и до 32% – из рапсового масла.

Выбросы CO<sub>2</sub> в полном жизненном цикле моторных топлив, в противовес расходу энергии, тем меньше, чем выше доля используемого биотоплива. Применение биотоплив позволяет снизить выбросы диоксида углерода в 3,5-4,6 раза. Большее значение соответствует топливу, полученному из рапсового масла.

Ущерб от выброса вредных веществ уменьшается по мере увеличения доли используемого биотоплива, а при использовании чистого биодизельного топлива он на 15-16% ниже, чем при работе на дизтопливе. Такое относительно небольшое снижение ущерба связано с тем, что наряду с уменьшением выбросов продуктов неполного сгорания (CO, CH, частиц) при работе на биотопливах

наблюдается увеличение выбросов оксидов азота.

Для удобства анализа полученных результатов диаграммы, показывающих расходы природных ресурсов и энергии, выбросы CO<sub>2</sub> и ущерб, наносимый окружающей среде, представлены в относительных единицах, где за 100% принято дизельное топливо (см. рис.).

Основные результаты расчетов экономических показателей альтернативных топлив в полном жизненном цикле представлены в табл. 5.

Анализ полученных результатов показывает, что применение моторных биотоплив при цене 12 руб./кг является экономически эффективным и позволяет при переходе на чистое биодизельное топливо снизить затраты в полном жизненном цикле с учетом ущерба примерно на 38%. Некоторое отличие показателей при использовании моторных биотоплив из соевого и рапсового масел связано с различной теплотой сгорания этих топлив, а соответственно с различным их расходом в эксплуатации.

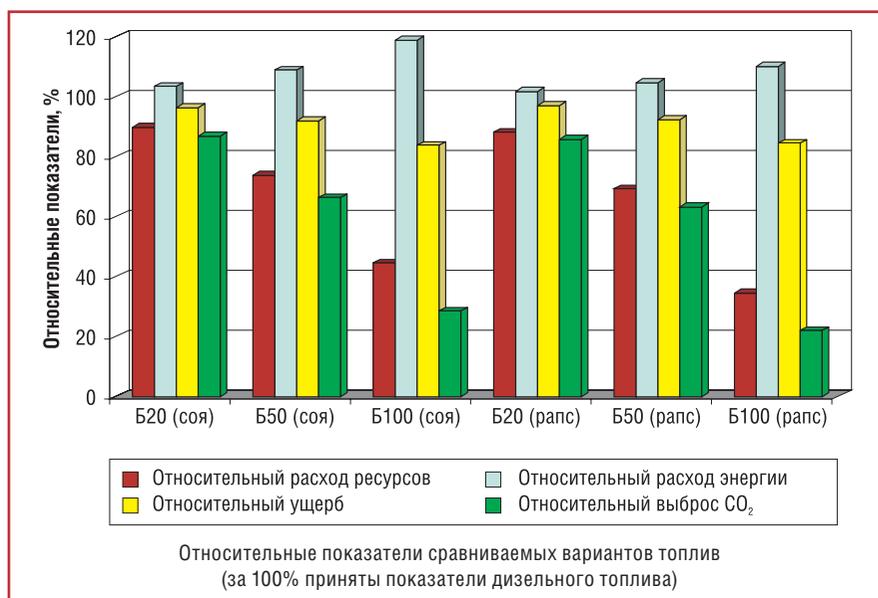
Основные результаты энергетического и эколого-экономического анали-

за моторных топлив показывают, что применение биодизельного топлива в сравнении с дизельным топливом в полном жизненном цикле позволяет:

- снизить расход невозобновляемых природных ресурсов на 55-65%;
- уменьшить выбросы парниковых газов в атмосферу в 3,5-4,6 раза;
- снизить ущерб окружающей среде на 15-16%;
- уменьшить затраты с учетом ущерба на 38%.

В то же время применение биодизельного моторного топлива связано с увеличением затрат энергии в полном жизненном цикле на 10-20% по сравнению с дизельным топливом.

Таким образом, проведенный анализ энергетической и эколого-экономической эффективности применения биодизельного моторного топлива показал, что в условиях России использование такого топлива позволяет экономить природные ресурсы и снижать загрязнение окружающей среды. При условии льготного налогообложения на этот вид топлива его применение будет также и экономически оправданным.



### Литература

1. Biodiesel Handling and Use Guidelines. – U.S. Department of Energy: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2006. – P. 69.
2. Economic Evaluation of Biodiesel Production from Oilseed Rape grown in North and East Scotland. – SAC Consultancy Division, 2005. – P. 134.
3. Звонов В.А., Козлов А.В., Кутнев В.Ф. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле. – М.: НАМИ. – 2001. – С. 248.
4. Звонов В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С. Методика оценки эффективности применения альтернативных топлив на автотранспорте в полном жизненном цикле – Сб. науч. тр. Моск. семинара по газохимии 2004-2005. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2006. – С.114-129.



ООО «Балсити», опираясь на опыт и сложившиеся традиции в области разработки, производства и эксплуатации автомобильных баллонов для сжиженного углеводородного газа (пропана, бутана и их смесей), продолжает оставаться пионером среди отечественных производителей и занимает лидирующее положение на российском рынке.

Имея Разрешение Ростехнадзора на применение и сертификаты соответствия на производимую продукцию, фирма серийно изготавливает и поставляет потребителям более тридцати наименований автомобильных баллонов цилиндрической и блочной конструкции вместимостью от 30 до 220 л.



Автомобильные баллоны блочной конструкции являются интеллектуальной собственностью фирмы, патент № 36648, зарегистрирован в государственном реестре полезных моделей РФ 20.03.2004 года. Предприятия-изготовители подобной продукции несут ответственность в соответствии с законом. Баллоны блочной конструкции, состоящие из двух баллонов общей вместимостью 95-100 л, изготовлены ООО «Балсити» для пассажирского варианта автомобиля «Газель». Они устанавливаются на автомобиль без переноса топливного бака.

Наличие высококвалифицированного состава инженерно-технических работников и рабочих основных специальностей, а также технологичного производственного оборудования позволило ООО «Балсити» первым в РФ разработать, пройти сертификационные испытания и выйти на промышленные объемы изготовления автомобильных баллонов торовой конструкции.

Учитывая условия и требования внутреннего и внешнего рынков к качеству и безопасной эксплуатации изготавливаемой продукции, ООО «Балсити» уделяет большое внимание подготовке специалистов и рабочих ведущих специальностей, обновлению станочного оборудования и технологической оснастки, использованию современной технологии сварки в среде защитных газов, окраски баллонов порошковым напылением и т.д.

Продукция, изготовленная ООО «Балсити» с соблюдением требований технологии, прошедшая комплекс испытаний и 100%-ный контроль (рентгеноскопический, гидравлический и пневматический), по-прежнему пользуется на рынке повышенным спросом. На сегодняшний день фирма имеет потенциальные возможности значительно увеличить объемы производства и расширить номенклатуру предлагаемых автомобильных баллонов для сжиженного углеводородного газа. Кроме этого, в настоящее время готовится производство ресиверов для сжатого воздуха вместимостью до 500 л.

**ООО «Балсити» приглашает к сотрудничеству региональных представителей в качестве дилеров.**

Тел/факс: (495) 783-84-92 • E-mail: [balcity@balcity.ru](mailto:balcity@balcity.ru)

# Разработка математической модели бездренажного хранения СПГ

**А.И. Цаплин,**

зав. кафедрой Пермского государственного технического университета (ПГТУ), профессор, д.т.н.,

**С.В. Бочкарев,** профессор ПГТУ, д.т.н.,

**С.П. Селезнев,** аспирант ПГТУ

Известно, что одной из наиболее крупных областей использования энергоресурсов сегодня является транспорт, на долю которого приходится около 29% их общего конечного потребления. Доля моторного топлива, расходуемого различными видами транспорта, достигает 49-50% суммарного потребления нефтепродуктов.

**И**менно транспорт при его подавляющей зависимости от нефти в основном и определяет остроту сегодняшней энергетической ситуации в мире. По мере возникновения технических, экономических и экологических предпосылок постепенно возрастает роль природного газа в качестве нетрадиционных источников сырья для производства моторного топлива.

Газовые топлива обладают такими достоинствами, как высокие октановые числа, меньший, чем у бензина и дизельного топлива, выброс вредных веществ с отработавшими газами, более высокий моторесурс двигателя и др. Для их применения легко могут быть приспособлены обычные бензиновые и дизельные двигатели. В то же время эти топлива находятся в газообразном состоянии, поэтому для заправки транспортных средств требуется компримирование или сжижение этих топлив [1].

При использовании природного газа в транспортных двигателях внутреннего сгорания (ДВС) обеспечиваются высокие технико-экономические показатели автомобилей, так как он имеет хорошие антидетонационные качества, благоприятные условия смесеобразования и широкие пределы воспламенения в смеси с воздухом. Сжиженный природный газ (СПГ) относится к группе горючих веществ, способных образовывать с воздухом взрывоопасные смеси. Концентрационные пределы воспламенения в смеси с воздухом в объемных процентах следующие: нижний – 5%,

верхний – 15%. Температура воспламенения не менее 450°C. Пределы воспламенения для бензина 1,5-4,7%.

С учетом перспективы широкого использования СПГ на транспорте в будущем приходится сталкиваться с проблемой его бездренажного хранения, так как в нем происходят сложные термодинамические процессы, зависящие от геометрии области, граничных условий, меняющихся свойств среды. Решение, полученное при одном наборе параметров системы, зачастую не может быть применено для других значений параметров.

При бездренажном хранении существенным фактором является рост давления в сосуде. Топливный бак эксплуатируется в двух основных режимах:

- движение транспортного средства на сжиженном природном газе;
- хранение топлива в баках находящегося в покое транспорта.

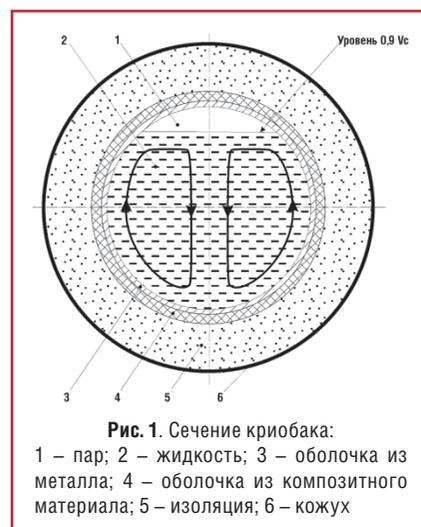
Целью настоящей работы является построение математической модели теплопереноса, описывающей протекающие процессы испарения, кипения, конвекции в горизонтальном цилиндрическом криорезервуаре, а также проверка адекватности построенной математической модели, разработка программы и изучение на ее основе теплофизических закономерностей.

## Внутрибаковые процессы

В качестве объекта исследования был взят бак [2] для хранения криоген-

ного топлива, представляющий собой горизонтальный цилиндрический резервуар. Криобак установлен и закреплен на специальном опорном устройстве – ложементе.

Конструктивно бак выполнен из двух слоев. Внутренний слой сделан из металла (металлический лайнер), наружный – из композита. Снаружи бак теплоизолирован слоем изоляции и заключен в металлический кожух. Сечение радиальной части в центре криобака приведено на рис. 1.



**Рис. 1.** Сечение криобака:  
1 – пар; 2 – жидкость; 3 – оболочка из металла; 4 – оболочка из композитного материала; 5 – изоляция; 6 – кожух

Резервуар заполняется криогенной жидкостью до уровня 0,9 объема сосуда. На рис. 2 отмечен указанный уровень заполнения. Знаком  $V_c$  обозначен объем всего сосуда. Таким образом, в резервуаре изначально находятся две фазы – жидкость (криогенное топливо) и пар, который образуется в результате испарения криогенного топлива до достижения равновесного давления – давления (упругости) насыщенного пара.

Бездренажное хранение отличается от хранения криогенной жидкости в резервуаре со сбросом избыточных паров. Здесь имеет место эффект зависимости температуры фазового перехода (температуры насыщения), плотности, коэффициента объемного расширения, удельной теплоты парообразования, теплопроводности, теплоемкости, ди-

намической вязкости и других теплофизических параметров криогенной жидкости от давления. Такая нелинейная зависимость усложняет описание теплопереноса при бездренажном хранении криогенных жидкостей.

### Система дифференциальных уравнений

Влиянием торцов сосуда на прогрев жидкости при расчетах пренебрегаем, поэтому задача может быть решена в плоской постановке для произвольного сечения цилиндра. Таким образом, рассматривается плоское конвективное течение испаряющейся вязкой жидкости в длинном горизонтальном цилиндре круглого сечения.

В сосуде имеется две взаимодействующие фазы: жидкость и пар. Выберем уравнения, описывающие жидкую и паровую фазы, и уравнение, описывающее взаимодействие этих фаз между собой.

Начнем с описания жидкой фазы. Как показывают экспериментальные исследования, основными процессами являются тепловая стратификация и тепловое расширение жидкой фазы. Для упрощения, а также для возможности отдельного решения задачи относительно жидкой и паровой фаз, далее будем считать жидкую фазу несжимаемой. Для учета теплового расширения после определения состояния жидкой фазы производится коррекция положения свободной поверхности с учетом изменения объема вследствие теплового расширения.

Принимаем гипотезу несжимаемости жидкости (пренебрегаем изменением плотности из-за неоднородности давления), а также считаем, что в ней отсутствуют внутренние источники тепла. Тогда система уравнений гравитационной конвекции запишется в следующем виде:

1) уравнение Навье-Стокса (закон сохранения импульса):

$$\rho \left[ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right] = -\nabla P + \eta \nabla^2 \vec{v} + \frac{1}{3} \eta \nabla (\nabla \cdot \vec{v}) + \rho \vec{g}; \quad (1)$$

2) уравнение неразрывности (закон сохранения массы):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0; \quad (2)$$

3) уравнение переноса тепловой энергии (закон сохранения энергии):

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla T = \lambda \nabla^2 T. \quad (3)$$

Несмотря на принятые допущения, система (1)-(3) сложна даже для численного анализа. Поэтому в гидродинамике часто применяют приближение Буссинеска-Обербека, суть которого состоит в следующем.

Пусть  $T_0$  – некоторое значение из интервала изменения температуры в жидкости, при котором плотность имеет величину  $\rho = \rho_0 = \rho(T_0)$ . Предположим, что температура  $T$  в жидкости мало отклоняется от  $T_0$ . Тогда уравнение состояния можно линеаризовать, оставляя лишь член 1-го порядка малости в разложении функции  $\rho(T)$  в ряд Тейлора в окрестности значения  $T_0$ :

$$\rho = \rho_0 [1 - \beta(T - T_0)], \quad (4)$$

где  $\beta = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \rho(T)}{\partial T}$  – коэффициент теплового объемного расширения жидкости при  $T=T_0$ . Главная идея приближения Буссинеска-Обербека заключается в том, что зависимость плотности от температуры (4) учитывается лишь в члене с объемной силой тяжести  $\rho \vec{g}$ , а в остальных случаях полагают  $\rho = \rho_0$ . В указанном приближении система уравнений для жидкой фазы примет следующий вид:

1) уравнение Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\frac{1}{\rho_0} \nabla P + \nu \nabla^2 \vec{v} + [1 - \beta(T - T_0)] \vec{g}; \quad (5)$$

2) уравнение неразрывности:

$$\nabla \cdot \vec{v} = 0; \quad (6)$$

3) уравнение переноса тепловой энергии:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \nabla T = a \nabla^2 T, \quad (7)$$

где  $\nu = \frac{\eta}{\rho_0}$  – кинематическая вязкость;  $a = \frac{\lambda}{c_p \rho_0}$  – температуропроводность, вычисленные при  $T=T_0$ .

О правомерности приближения Буссинеска-Обербека при условии  $|\beta(T - T_0)| \ll 1$  свидетельствуют многочисленные теоретические и экспериментальные исследования.

При решении двумерных задач удобнее вместо скорости  $\vec{v}$  и давления  $P$  ввести другие переменные:  $\psi$  – функцию тока, для которой  $\vec{v} = \nabla \times (\xi \psi)$ , и завихренность  $\bar{\omega} = \xi \nabla \times \vec{v} = \xi \nabla \times (\nabla \times (\xi \psi))$ , где  $\xi \neq 0$  – заданная скалярная функция от пространственных координат. При этом уравнение неразрывности удовлетворяется автоматически, так как  $\nabla \cdot \vec{v} = \nabla \cdot (\nabla \times (\xi \psi)) = 0$ , и число решаемых уравнений при этом уменьшается на единицу. Следует заметить, что функция тока определяет

ся неоднозначно (с точностью до константы).

Геометрия данной задачи обуславливает применение полярной системы координат (рис. 2). В полярной системе координат уравнения (5)-(7) переписываются в виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\omega) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} (v\omega) &= \frac{\nabla^2 \omega}{\sqrt{Gr}} + \Phi, \\ \omega &= \nabla^2 \psi, \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u T) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} (v T) &= \frac{\nabla^2 T}{Pe}, \\ u &= \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \varphi}; \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial r}, \\ \Phi &= \frac{\partial T}{\partial r} \sin \varphi + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi} \cos \varphi, \\ \nabla^2 &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

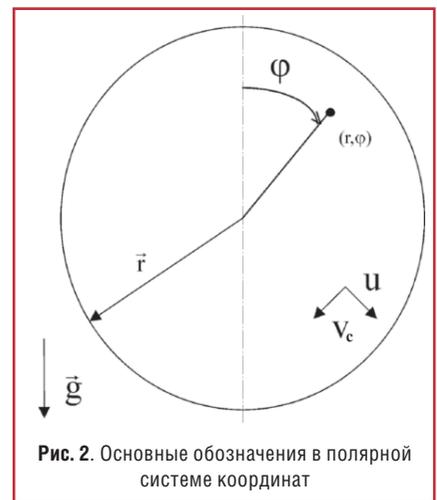


Рис. 2. Основные обозначения в полярной системе координат

После обезразмеривания получаем систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\omega) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} (v\omega) &= \frac{\nabla^2 \omega}{\sqrt{Gr}} + \Phi, \\ \omega &= \nabla^2 \psi, \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u T) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \varphi} (v T) &= \frac{\nabla^2 T}{Pe}, \\ u &= \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \varphi}; \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial r}, \\ \Phi &= \frac{\partial T}{\partial r} \sin \varphi + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi} \cos \varphi, \\ \nabla^2 &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Таким образом, уравнения, описывающие жидкую фазу, заданы.

Перейдем к описанию паровой фазы. Так как в газе конвекция и теплообмен происходят быстрее, чем в жидкой фазе, то полагаем справедливым закон Менделеева-Клапейрона.

### Геометрия области.

#### Начальные и граничные условия

В соответствии со схемой (рис. 3): область 1 – паровая фаза; область 2 – жидкая фаза. Границы этих областей

подразделяются на три типа:  $\Gamma_1$  – часть стенки сосуда, контактирующая с жидкой фазой;  $\Gamma_2$  – поверхность раздела фаз, на которой происходит испарение жидкости;  $\Gamma_3$  – часть стенки сосуда, контактирующая с паровой фазой. Особенностью данной задачи является изменение формы границы во времени. Эффекты кипения, испарения, теплового расширения жидкой фазы приводят к смещению уровня свободной поверхности, который определяется параметром  $h$ .

Исследуется плоское конвективное течение испаряющейся вязкой жидкости в длинном горизонтальном цилиндре круглого сечения. В области 1 работает уравнение Менделеева-Клапейрона.

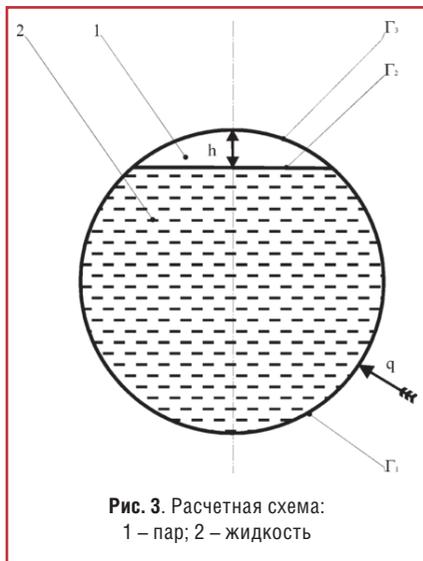


Рис. 3. Расчетная схема:  
1 – пар; 2 – жидкость

Начальное давление соответствует атмосферному давлению. Начальная температура равна температуре фазового перехода сжиженного криогенного топлива, так как бак заполняется жидкостью с температурой на 10К ниже температуры фазового перехода.

Следовательно, квазиравновесное состояние в паровой фазе определяется начальными условиями паровой прослойки и положением поверхности раздела фаз.

Рассмотрим далее граничные и начальные условия к области 2.

Начальные условия:

$$\omega(t=0)=\psi(t=0)=0; T(t=0)=\text{cons.} \quad (10)$$

Граничные условия по температуре к системе:  $\frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_1} = q; \frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_2} = -\frac{\rho L}{\lambda} \frac{\partial x}{\partial t}$ . (11)

Здесь уравнение  $\frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_2} = -\frac{\rho L}{\lambda} \frac{\partial x}{\partial t}$  определяет смещение уровня жидкос-

ти при испарении с удельной теплотой парообразования  $L$ , Дж/кг. Справа является дополнительное слагаемое, характеризующее дополнительное испарение криогенной жидкости на стенках топливного бака, если перепад температур достаточен для возникновения кипения. Для учета теплового расширения жидкой фазы после определения положения границы раздела фаз на данный момент времени производится коррекция положения свободной поверхности так, чтобы оно учитывало изменение объема жидкой фазы вследствие теплового расширения.

В силу симметрии целесообразно рассматривать только половину цилиндрической области. Поэтому вводится граница  $\Gamma_4$ , соответствующая плоскости симметрии криорезервуара, и дальнейший расчет проводится для половинной области. Граничные условия по функции тока и температуре:

$$\frac{\partial T}{\partial n}|_{\Gamma_4} = 0; \psi|_{\Gamma_1} = \psi|_{\Gamma_2} = \psi|_{\Gamma_4} = 0;$$

$$\omega|_{\Gamma_2} = \omega|_{\Gamma_4} = 0. \quad (12)$$

Граничное условие  $\omega|_{\Gamma_1}$  вычисляется из уравнения Пуассона.

Следует выделить практически важные частные случаи, которые в силу своей вырожденности могут рассматриваться как отдельные модели. В то же время они являются более грубыми математическими моделями одного и того же процесса, поэтому позволяют определить основные закономерности.

### Физическое моделирование

При моделировании внутрибачковых процессов, сопровождающихся конвекцией текучей среды, удобны оптические методы измерений. Их преимущество заключается в следующем: отсутствует непосредственный контакт регистрирующего прибора с объектом исследования и не вносятся внешние возмущения в изучаемый процесс; не изменяются физические и химические свойства среды; имеется возможность одновременного анализа всей области; достигается наглядность процесса и высокая точность измерений.

Экспериментальная установка предназначена для комплексного исследования процессов и включает

серийный оптический теневой прибор, собранный на оптической скамье ОСК-3, модель с жидкостью, два ультратермостата УТУ-2 с холодильными агрегатами КШ-180 мощностью 125 Вт каждый, потенциометры постоянного тока для контроля температуры. Применяется схема с параллельным пучком света между основными объективами, в качестве которых используются два коллиматора диаметром 0,1 м и фокусным расстоянием 1 м, входящие в комплект ОСК-3.

Принцип измерения температурных градиентов основан на отклонении луча света при прохождении его через оптически неоднородный слой моделирующей среды. При отсутствии температурных градиентов в жидкой фазе параллельные лучи света собираются в точку на фокальной плоскости основного объектива приемной части. Локальное охлаждение изменяет показатель преломления моделирующей среды: она становится оптически неоднородной, что вызывает дифракцию света, проявляющуюся в «размывании» точки. Свет, проходящий через ре-

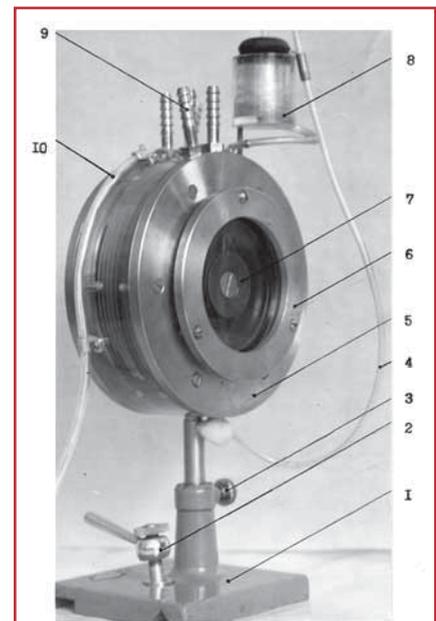
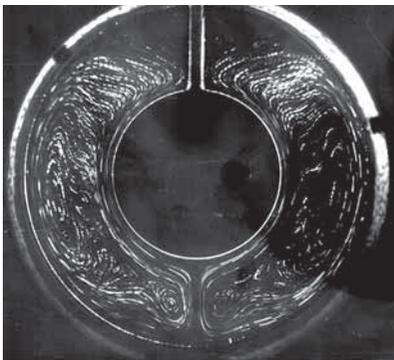


Рис. 4. Внешний вид модели:

1 – основание; 2 – фиксатор крепления основания на направляющих оптической скамьи; 3 – фиксатор крепления модели на основании; 4 – шланг для подачи дистиллированной воды; 5 – корпус внешнего теплообменника; 6 – шайба крепления оптического стекла; 7 – корпус внутреннего теплообменника; 8 – гидрозатвор; 9 – штуцеры для подачи жидкостей из термостатов; 10 – кабель с проводами термопар



**Рис. 5.** Траектории движения жидкости, полученные с помощью частиц-индикаторов

сетку с чередующимися прозрачными и непрозрачными полосами, частично задерживается. Это приводит к появлению в области температурных градиентов чередующихся светлых и темных полос, регистрируемых фотокамерой. Для регистрации теневых картин применяется фотокамера.

В качестве теплоносителя используется технический спирт, который охлаждается в ультратермостатах емкостью 15 л каждый до  $-30^{\circ}\text{C}$  и подается насосами в рабочее пространство модели через теплоизолированные шланги. Стабилизация температуры в термостатах осуществляется контактными термометрами с точностью  $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$  и контролируется дополнительными термометрами и термопарами.

Внешний вид модели представлен на рис. 4.

Гидродинамика жидкой фазы изучается наблюдением за движением частиц-индикаторов в отраженном свете при импульсной подсветке рабочего пространства через световую щель. В качестве частиц-индикаторов используется взвешенная мелкодисперсная

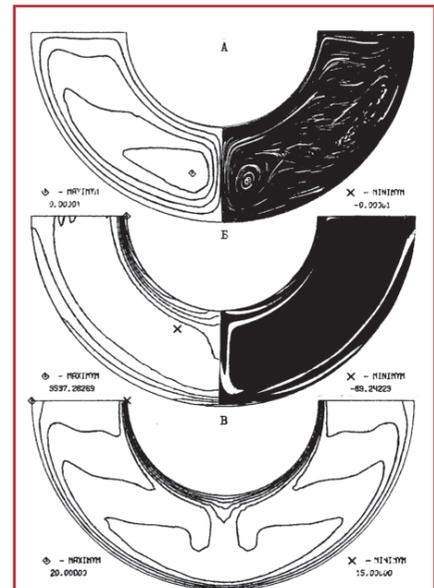
алюминиевая пудра, небольшое количество которой вводится в рабочую полость модели. При движении частиц вместе с жидкой фазой на фотоотпечатках фиксируются светлые полосы (треки), длина которых определяется скоростью движения и длительностью подсветки. Точность измерения скоростей в условиях эксперимента составляет  $\pm 1 \cdot 10^{-4}$  м/с.

На рис. 5 представлены траектории при свободной конвекции теплоносителя, симметричные относительно вертикального диаметра.

Адекватность математического и физического моделирования подтверждается сравнительным анализом, представленным на рис. 6, для полукольцевой области.

### Заключение

Предложены математическая модель теплообмена в криогенном топливном резервуаре при бездренажном хранении криогенного топлива, алгоритм численного решения полученной системы уравнений для нахождения решения с предусмотренной заданной точностью, найдены подходы к описанию неравновесных процессов кипения криогенных жидкостей. Предложен алгоритм численного решения задачи бездренажного хранения испаряющейся жидкости.



**Рис. 6.** Расчетные линии тока (А), радиальные изограды (Б) и изотермы (В) при свободной, симметричной относительно вертикальной оси конвекции воды в кольцевой области; на А и Б справа – результаты эксперимента

Показана адекватность результатов математического моделирования теплообмена внутрибачковых процессов их физическим аналогам на оптической установке.

Построенную математическую модель предлагается использовать для нахождения предельного времени хранения криогенного топлива.

### Литература

1. **Филин Н.Б., Буланов А.Б.** Жидкостные криогенные системы. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1985. С. 247.
2. **Бочкарев С.В., Селезнев С.П., Цаплин А.И.** Экспериментальное исследование теплообмена при бездренажном хранении криогенной жидкости. Сб. научно-технических статей. Производственные технологии. Выпуск 2. Развитие производственных технологий в вузах России. Ред. кол.: Соколов Э.М., Качак В.В. и др. – Липецк: Липецкое изд-во, 1999. С. 78-80.



**ГИГ ИНЖИНИРИНГ**  
111024, Москва,  
ул. Авиамоторная, д. 55, корп. 31  
тел.: (495)-746-6780  
тел./факс: (495)-661-1112  
e-mail: sale@gigauto.ru

**СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ГАЗА GIG  
ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

[www.gigauto.ru](http://www.gigauto.ru)

- поставка комплектов распределенного впрыска газа;
- поставка комплектующих и запасных частей;
- обучение и техническая поддержка сервисов;



# Особенности работы и сервисного обслуживания газовых форсунок автомобильных двигателей

**Гжегож Яжиньски**, президент фирмы «ELPIGAZ», магистр-инженер,  
**Ю.В. Панов**, профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.

С 2008 г. российские автомобили должны соответствовать экологическим нормам «Евро-3», а в странах Евросоюза автотранспорт с этого года должен соответствовать стандартам «Евро-5». Двигатели таких автомобилей имеют бортовую европейскую диагностику (EOBD), поэтому, чтобы выполнить требование указанных выше норм при переводе на газомоторное топливо, требуется обязательно устанавливать инжекторные системы распределенного впрыска (системы IV поколения). При этом резко возрастают требования к совместимости газовых систем управления со штатными бензиновыми системами.

**Н**акопленный в последние годы опыт серийного производства и эксплуатации показывает, что системы IV поколения ГБО позволяют максимально повысить эффективность работы современных бензиновых двигателей на компримированном природном газе (КПГ) и сжиженном углеводородном газе (СУГ). Эта эффективность в значительной степени определяется работой важнейших исполнительных элементов – газовых форсунок, которые являются запорными дозирующими устройствами и реализуют сложный алгоритм электронных управляющих систем. От эффективной работы этого элемента в значительной степени зависит стабильная и надежная работа двигателя на газе, а в отдельных случаях на бензине.

Одновременно с ростом предложений систем распределенного фазированного впрыска газа на рынок ГБО поступают комплекты с новыми моделями форсунок, различными по конструкции и эксплуатационным параметрам. На нескольких примерах проиллюстрируем тенденции в выборе газовых форсунок.

Вначале отметим, что потребитель нередко пытается провести аналогию с бензиновыми форсунками. Вместе с тем сходство между бензиновыми и газо-

выми форсунками, в основном, заключается только в названии элементов и функции. И те и другие – инжекторы, впрыскивающие топливо под избыточным давлением с помощью электрической катушки, открывающей запорный элемент. Дозирование требуемого в данный момент количества топлива определяется величиной времени открытия проходного сечения форсунки и давления газа на впрыске, но существенных различий гораздо больше, что показано ниже в табл. 1.

Прежде всего, разница состоит в том, что бензин необходимо подавать

в двигатель в жидкой фазе, а газовое моторное топливо поступает и дозируется в форсунке в газообразной фазе, параметры которой меняются в значительно больших пределах, чем у жидкости. Это, при видимом сходстве процессов впрыска, накладывает существенные дополнительные требования к газовым форсункам и делает системы впрыска газа изначально более чувствительными и нестабильными. В первую очередь это относится к точности и равномерности дозирования газа в равной степени как к СУГ, так и к КПГ.

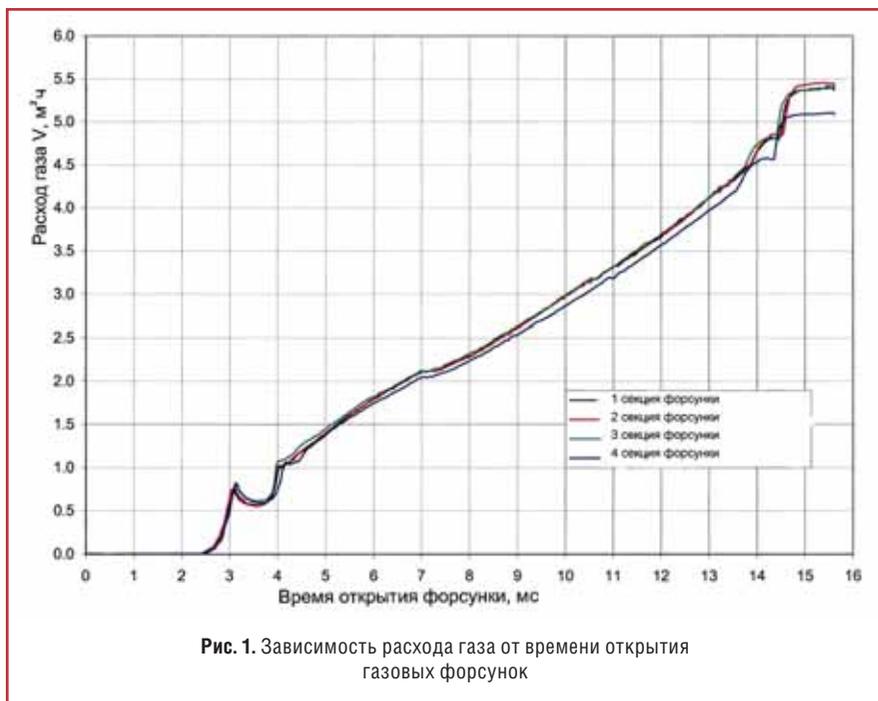
Для подачи эквивалентной по энергетической потребности двигателя порции газа форсунки должны иметь значительно большую, чем у бензиновых, пропускную способность и соответственно сечение дозирующих каналов, что объясняет причину того, почему пока не удается реализовать заманчивую идею – одной универсальной форсункой дозировать газ или бензин.

Отличие также состоит и в том, что для обеспечения линейной характеристики подачи газа в зависимости от времени открытия в зоне минимальной

Таблица 1

**Сравнение условий работы бензиновых и газовых форсунок**

Показатель, свойство	Бензиновые форсунки	Газовые форсунки
Рабочая фаза топлива	Бензин в жидкой фазе	Газ в паровой фазе
Давление поступающего топлива	Стабильно во всем диапазоне	Большие колебания при изменении нагрузок, пульсация
Температура поступающего топлива	Стабильна во всем диапазоне	Большие колебания, с изменением нагрузок высокая пульсация
Чистота топлива	Высокая	Средняя
Стабильность на переходных режимах	Не требуется калибровка	На пробегах 30-60 тыс. км требуется калибровка
Подбор форсунок	Строгий подбор определенной модели форсунок по данным производителя двигателя	Применение универсальных форсунок установщиками ГБО



подачи, форсунки имеют большее время открытия в сравнении с бензиновыми. В работе [1] это наглядно показано.

Анализ работы форсунок различной конструкции подтверждает это, в связи с чем напрашивается вывод, что у большинства газовых форсунок зависимость расхода от времени открытия (впрыска) (рис. 1) не совпадает на всем его протяжении с аналогичной зависимостью для бензиновых форсунок. Таким образом, для большинства поставляемых для комплектации газовых форсунок существуют следующие проблемы:

- в нижнем участке кривой расхода газовая форсунка не обеспечивает

достаточного расхода в сравнении с бензиновой; отсутствует стабильность графика газовой форсунки;

- с ростом времени открытия расход газа растет более интенсивно, чем у бензиновой форсунки;

- в верхней зоне зависимости расхода газа от времени открытия газовых форсунок вновь возрастает нелинейность графика при одновременной неравномерности показателей подачи между отдельными секциями одного блока форсунок.

Следует отметить, что неравномерность по секциям – наиболее негативное явление, фиксируемое EOBД, как пропуски воспламенения. Эти пробле-

мы обостряются по мере износа форсунок, и не следует забывать, что требования стандартов «Евро-3», «Евро-4» и «Евро-5» – это поддержание заданных показателей выброса вредных веществ отработавших газов на длительных пробегах (как минимум от 80 тыс. км и более).

Характер зависимостей, представленных на кривых (рис. 1), объясняет общий подход большинства производителей программного продукта для систем IV поколения к построению карт корректирующих коэффициентов.

Практически это относится к большинству форсунок со штифтовыми и рычажными клапанами. На рис. 1 наглядно видно, что на нижнем отрезке графика происходит резкий скачок пропускной способности. На участке, приближающемся к максимальной производительности, также возникает скачок и велика неравномерность по секциям. Поэтому приходится увеличивать базовое время впрыска  $t_{впр. б}$  ( $t_{ing}$ ) корректирующими коэффициентами.

На рис. 2 представлен пример стандартной карты с коэффициентами, где наглядно видно, что в верхней части карты, соответствующей малому времени  $t_{ing}$ , они уже велики (1,26-1,30), а на других режимах уменьшаются до 0,98 и определяются необходимостью корректировки графика рис. 1.

Время открытия форсунок находится в прямой зависимости от сопротивления катушек. Как правило, сопротивление катушки газовой форсунки обычно составляет 3,6 Ом. Конструкторы, чтобы уменьшить время открытия газовых форсунок, применяют радикальные решения – уменьшают сопротивление катушки газовых форсунок до 1 Ом. Однако опыт эксплуатации показывает, что это приводит к перегрузке электрических цепей электронных блоков управления и самих катушек и, соответственно, к снижению надежности работы этих элементов.

Нетрудно определить силу тока в цепи с напряжением 12 В, проходящего через катушки с сопротивлением 1 Ом, для шести- и восьмицилиндро-

$t_{inj}/rpm$	1000	2000	3000	4000	5000	6000
2,00	126	126	126	128	130	130
2,50	126	126	126	128	130	130
3,00	126	126	126	128	130	130
3,50	126	126	126	128	130	130
4,50	126	126	126	128	130	130
6,00	124	124	124	126	128	128
8,00	119	119	119	122	124	124
10,00	115	115	115	118	120	120
12,00	106	106	106	111	112	112
14,00	101	101	101	105	106	106
16,00	99	99	99	101	102	102
18,00	98	98	98	100	101	101

**Рис. 2.** Стандартная карта корректирующих коэффициентов «ELPIGAZ – А.Е.В.» в зависимости от времени открытия бензиновых форсунок ( $t_{ing}$ ) и частоты вращения КВ двигателя (rpm) (условно после первой цифры нет запятой, то есть вместо 126 следует читать 1,26 и т.д.)

Таблица 2

## Сравнение эксплуатационных параметров форсунок «ELPIGAZ»

Модель форсунки газа	Сопrotивление катушки, Ом	Минимальное время открытия форсунки (T <sub>г</sub> ), мс	Расход газа [V], м <sup>3</sup> ч (При p=1 bar; T <sub>г</sub> =5 мс; n=3000 мин <sup>-1</sup> )
«STELLA-IG1»	3	2,7	1,8
«STELLA-IF1»	2	2,2	2,1*

\* Рост производительности (V) – 30 %

вых двигателей. Практика показывает, что наиболее рациональным является применение форсунок с сопротивлением 3 Ом, а в отдельных случаях, связанных с особенностями бензиновой топливоподдачи, – не менее 2 Ом. Из табл. 2 видно, как снижение сопротивления до 2 Ом позволяет увеличить время открытия и соответственно пропускную способность.

Пропускная способность – это показатель, зависящий, прежде всего, от конструкции запорного элемента форсунки. В связи с этим есть дополнительный путь увеличения пропускной способности. Некоторые конструкции форсунок с сопротивлением 3 Ом, например, итальянской фирмы «A.E.B.» – I-Plus (рис. 3), имеют расходную характеристику не хуже, чем у форсунок с сопротивлением 1 Ом. Благодаря плоскому клапану 1 тарельчатой формы удалось резко увеличить сечение проходного отверстия и одновременно уменьшить ход этого клапана. При этом затраты на обслуживание форсунок I-Plus относительно невелики и не требуется дополнительная калибровка после замены уплотнительных

элементов после пробега 60 тыс. км. Эксплуатация автомобилей с такими форсунками показала, что даже специалисты, сравнивая результаты работы на газе и бензине, не ощущают разницы в динамических свойствах автомобилей с такими форсунками. Вместе с тем разница в цене таких форсунок окупается всего за пару полных заправок газомоторным топливом вместо бензина.

Эффективность форсунок с такой конструкцией подтверждается и простотой топливной карты, в которой коэффициенты во всем поле одинаковы (рис. 4). Установщику такой газобаллонной системы ГБО теперь не надо после автокалибровки дополнительно корректировать зоны карты.

Отметим также, что именно от дополнительной корректировки часто зависит конечный результат надежной работы двигателя на газомоторном топливе.

Теперь легче будет понять возникающие при работе двигателя проблемы, вызванные неправильной работой форсунок. К числу этих проблем, прежде всего, относятся: неста-

бильность на холостом ходу работы двигателя; повышенный расход газа на режимах максимальных нагрузок, когда двигатель работает в режиме открытой петли – то есть не хватает реакции на поддержание заданного состава смеси из-за отключаемого на этом участке алгоритма датчика кислорода, при этом расход форсунки газа растет быстрее, чем у бензиновой форсунки.

Эти проблемы, как уже отмечалось в начале статьи, обостряются, если форсунки изношены, негерметичны и велика неравномерность подачи через них топлива.

Конечно, не только конструкция форсунок обуславливает точность работы системы впрыска. Она зависит также и от стабильности поддержания заданного давления, которое связано в свою очередь с эффективностью подогрева газа.

Также необходимо избегать при комплектации простого подхода к взаимозаменяемости (так называемой универсальности) как электронных блоков, так и механических элементов при установке и ремонте ГБО IV поколения.

Комплект может включать в себя только совместимые элементы одного и того же производителя или допускаемой замены, указанной в сертификате. Например, контроллеры (ЭБУ Газ) фирмы «A.E.B.» или «ELPIGAZ» совместимы только с форсунками I-Plus фирмы «A.E.B.», а также «Стелла» или «Elisa» фирмы «ELPIGAZ» с редуктором



Рис. 3. Газовые форсунки I-Plus фирмы «A.E.B.» (Италия):  
1 – плоский клапан тарельчатой формы;  
2 – пружина; 3 – катушка

t inj/rpm	1000	2000	3000	4000	5000	6000
2,00	140	140	140	140	140	140
2,50	140	140	140	140	140	140
3,00	140	140	140	140	140	140
3,50	140	140	140	140	140	140
4,50	140	140	140	140	140	140
6,00	140	140	140	140	140	140
8,00	140	140	140	140	140	140
10,00	140	140	140	140	140	140
12,00	140	140	140	140	140	140
14,00	140	140	140	140	140	140
16,00	140	140	140	140	140	140
18,00	140	140	140	140	140	140

Рис. 4. Карта корректирующих коэффициентов для форсунок I-Plus фирмы «A.E.B.»

Vega-i или Cometa-i. Те же условия распространяются и для элементов ГБО фирмы «Landi Renzo» и других фирм. Поэтому оправдано требование сертификации комплектов, в котором допускается использование только определенных сочетаний ЭБУ, форсунок, редукторов.

Отдельно скажем о дополнительной опции – «Индивидуальная корректировка времени открытия форсунок» в программах ряда популярных производителей. Напомним, что базовое время открытия бензиновых форсунок для всех цилиндров одинаково (в шести- и восьмицилиндровых двигателях одинаково по блокам).

Корректируя время открытия газовых форсунок индивидуально и одновременно учитывая кривые рис. 1, можно понять, что посекционные корректировки времени открытия форсунок сделаны для устранения неравномерности в верхней или нижней зонах графиков, но на других режимах они могут только ухудшать работу двигателя.

### Сервисное обслуживание газовых форсунок

Все вышесказанное подтверждает, что обслуживание газовых форсунок должно проводиться на более высоком уровне, чем бензиновых.

В отличие от неразборных бензиновых конструкций газовые форсунки можно в большинстве случаев периодически разбирать, промывать и проводить их регулировку по показателям пропускной способности и неравномерности подачи. Все это надо делать на специальном оборудовании по специально разработанным методикам, учитывающим характер работы газовых форсунок.

Как правило, в настоящее время в сервисных центрах участки по установке ГБО не имеют специального обо-

рудования для контроля и настройки форсунок в соответствии с требуемой технологией. Особенно это важно в связи с тем, что отремонтированные форсунки будут работать в составе системы, оборудованной каталитическим нейтрализатором, для обеспечения требований норм «Евро-3», «Евро-4» и «Евро-5».

Чтобы помочь службам эксплуатации и обслуживания, сервисным предприятиям, производители автомобильного ГБО предлагают оборудование для наиболее распространенных на рынке форсунок газа, а также услуги по замене рабочих элементов секций и их калибровке. Более подробно о сервисном обслуживании систем IV поколения будет рассказано в последующих публикациях журнала.

### Литература

1. **В. Шишков.** Алгоритм управления и диагностика состояния электромагнитных газовых форсунок ДВС с искровым зажиганием. Журнал «АГЗК+АТ», № 6 (30) 2006 г. С. 46-47.




## ГАЗОБАЛЛОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Продажа современного газобаллонного оборудования (ГБО) для пропан-бутана, метана – итальянского производства

Система последовательного впрыска газа 4 поколения STELLA, ELISA и AEB

Широкий выбор баллонов для пропан-бутана POLMOKON (цилиндрические, тороидальные)

Электронные редукторы ELPIGAZ, современная электроника AEB  
*(все оборудование сертифицировано)*

Установка ГБО на автомобили отечественного и зарубежного производства (карбюратор, инжектор, с лямбда-зондом)

Сервисное обслуживание  
*(высококвалифицированный персонал)*

Обучение специалистов по монтажу ГБО:  
Карбюраторы, инжекторы, электроника и впрысковые системы




Предлагается сотрудничество по продаже оборудования по регионам России.



[www.elpigaz.com](http://www.elpigaz.com)

**ЗАО «МАКРОГАЗ» г. Москва, ул. Горбунова, д.8 стр.1**  
 тел./факс (8-495) 447-46-12 тел.(8-495) 507-54-25  
 e-mail: Inforu@elpigaz.com, manager1.ru@elpigaz.com



АГНКС в г. Нальчик, Кабардино-Балкария, РФ  
Рвх=1+3кг/см<sup>2</sup>, Q=850 м<sup>3</sup>/ч



## МИРОВОЕ КАЧЕСТВО АГНКС ОТ УКРАИНСКОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

Специалисты ООО ИТЦ «ОРИОН-Д» имеют более чем 15-ти летний опыт работы по проектированию, строительству и эксплуатации АГНКС, а также изготовлению отдельных конструкций АГНКС на базе компрессорных установок различных производителей (Украина, Италия, Германия, США). За период с 1992 г. по 2006 г построено, модернизировано и введено в эксплуатацию более 250 объектов АГНКС.

- **ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО "ПОД КЛЮЧ" АГНКС (МЕТАН) НА БАЗЕ КОМПРЕССОРА "ARIEL" С ПОСЛЕДУЮЩИМ СЕРВИСНЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ;**
- **ИЗГОТОВЛЕНИЕ, МОНТАЖ, НАЛАДКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МАЛОДЕБИТНЫХ СКВАЖИН;**
- **ПОСТАВКА ПАГЗ, КОМПЛЕКТУЕМЫХ БАЛЛОНАМИ "TENARIS", ИТАЛИЯ;**
- **ПРОИЗВОДСТВО ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ КОЛОНОК;**
- **СТРОИТЕЛЬСТВО МОРСКИХ ТЕРМИНАЛОВ ДЛЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ;**
- **ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ РАБОТЫ НА СПГ.**

ул. Курская 147, г. Сумы, Украина, 40020 Тел./Факс: 380 (542) 241-545

[www.orion-d.com](http://www.orion-d.com) ● [info@orion-d.sumy.ua](mailto:info@orion-d.sumy.ua)



INFINITO s.r.l.



## Опыт эксплуатации газовых автобусов «МАН» и «Мерседес» на городских маршрутах



**Д.А. Кулябин,**  
инженер группы по эксплуатации АГНКС  
ООО «Газпром Трансгаз Нижний Новгород»

Город Владимир входит в число городов «Золотого кольца» России и имеет множество древнейших исторических архитектурных памятников, таких как «Золотые Ворота», Успенский и Дмитриевский соборы, «Торговый ряд» и другие.

Все они расположены в центре города, который постоянно перегружен автотранспортом, из-за чего возникают пробки и сильное загрязнение окружающей среды.

**П**о мнению ученых, сохранность культурного наследия Владимира напрямую зависит от концентрации выхлопных газов в атмосфере города. Так, повышенное содержание в воздухе  $\text{CO}_2$  и сажи негативно влияет на природный камень, из которого сложено большинство уникальных зданий и стен архитектурных памятников. За последние десятилетия намного ускорился темп разрушения народного достояния России именно по причине загрязнения окружающей среды.

Одним из наиболее эффективных способов снизить негативное влияние на здоровье жителей города и сохранить памятники архитектуры во Владимире – это перевод городского автотранспорта на экологически чистое моторное топливо компримированный природный газ (КПГ).

До 2005 г. применение КПГ на автомобильном транспорте Владимира ограничивалось эксплуатацией примерно 80 газобаллонных автомобилей. Остальные потребители природного газа на АГНКС этого города – это транзитный транспорт трассы Казань – Москва.

В 2005 г. во Владимире была пущена в эксплуатацию новая объездная дорога (скоростная четырехполосная трасса связала Нижний Новгород и Москву), обеспечившая более высокую скорость грузопассажиропотока. С тех пор транзитный автотранспорт на КПГ редко стал заправляться на АГНКС Владимира. Для дозаправки газовых баллонов водителям приходится делать крюк в 20 км, и они всеми силами пытаются дотя-

нуть до следующей АГНКС. Такая ситуация привела к еще большему падению загрузки АГНКС.

На выручку пришли местные пассажироперевозчики. Предприимчивые руководители предприятия ООО «Владавтолинии ПЛЮС» для снижения затрат на пассажироперевозки решили использовать более дешевое и экологически чистое моторное топливо – КПГ.

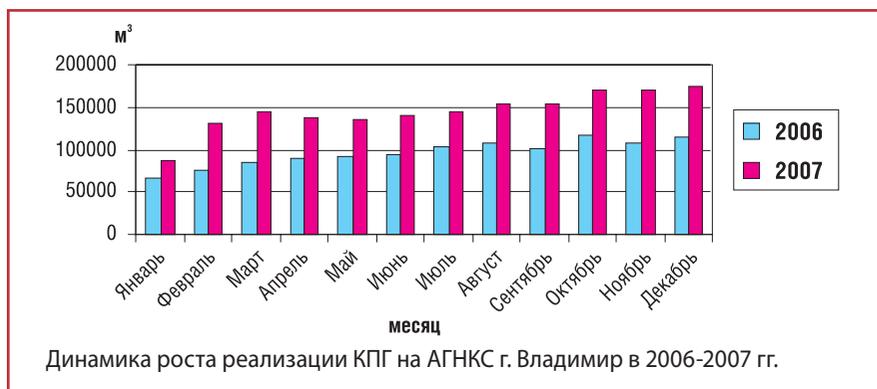
Для этого было решено закупить 11 чисто газовых автобусов марок «МАН» и «Мерседес» из Германии. И с февраля 2007 г. во Владимире началась эксплуатация бывших в употреблении и прошедших предпродажную подготовку автобусов 1994-1995 гг.

Заправляются они на АГНКС ежедневно в вечернее время, чтобы с утра выйти на городские маршруты. Объемы заправки газа хватает на весь рабочий день газобаллонного автобуса в городском цикле. Автобусы оснащены металлическими облегченными газовыми баллонами, которые расположены на крыше по ходу движения. Расстояние от АГНКС до ООО «Владавтолинии ПЛЮС» составляет всего около 10 км, поэтому это расстояние не очень влияет на расход топлива. Маршрут автобуса № 26 проходит через центр города, что позволяет резко снизить концентрацию вредных выхлопных газов.



## Технико-экономические показатели эксплуатации газобаллонных автобусов «МАН» и «Мерседес»

Наименование	Год выпуска автобусов	Баллоны для КПГ		Объем заправки		Пробег на 1 заправке	Холостой пробег от автопарка до АГНКС	Маршрут автобусов	Графики заправок	Стоимость, руб		Экономия в год при пробеге 60000 км, руб
		Кол-во, шт.	Объем, литров	л	м <sup>3</sup>					КПГ	Д/т	
МАН	1994-1995 г.	4	140	560	155-160	280 км	10 км	городские пассажиро-перевозки	ежедн.	6,7	20,5	440 000
Мерседес	1994-1995 г.	4	160	640	175-180	320 км	10 км	городские пассажиро-перевозки	ежедн.	6,7	20,5	440 000



Выгода от эксплуатации зарубежных газобаллонных автобусов очевидна.

### 1. Повысилась эффективность пассажироперевозок ООО «Владавтолинии ПЛЮС».

Эффективность применения газобаллонных автобусов зависит от цены на КПГ. Для оптового потребителя была установлена скидка до 15%, отпускная цена на КПГ для автобусов ООО «Владавтолинии ПЛЮС» составила 6,70 руб. По сравнению с дизельными автобусами экономия составляет более 7 руб. на 1 км пробега, поэтому газобаллонные автобусы при их эксплуатации экономят пассажироперевозчикам ежегодно около 4 млн. руб.

Технико-экономические показатели эксплуатации газобаллонных автобусов «МАН» и «Мерседес» представлены в таблице выше.

### 2. Увеличилась доходность АГНКС в г. Владимир.

За счет эксплуатации в городе газобаллонных автобусов произошло резкое увеличение реализации КПГ с АГНКС. 11 автобусов, находящихся в постоянной эксплуатации и ежедневно заправляющиеся, дали прирост по отпуску газа с АГНКС более 50% по сравнению с аналогичным периодом 2006 г. Это привело к увеличению прибыли на АГНКС на 4,5 млн. руб. В результате

АГНКС вышла на уровень рентабельности. К концу года прибыль по АГНКС г. Владимир составила 950,5 тыс. руб.

Динамика реализации КПГ с АГНКС (г. Владимир) представлена на рисунке.

### 3. Снижение загазованности центра г. Владимир.

Применение КПГ на городском транспорте исключает выброс сажи в атмосферу города. Для сравнения 11 дизельных автобусов аналогичной мощности за год эксплуатации на городских маршрутах выбрасывают с отработавшими газами почти 2 т сажи. Широкое применение городского ав-

тотранспорта на КПГ может значительно улучшить экологию г. Владимир.

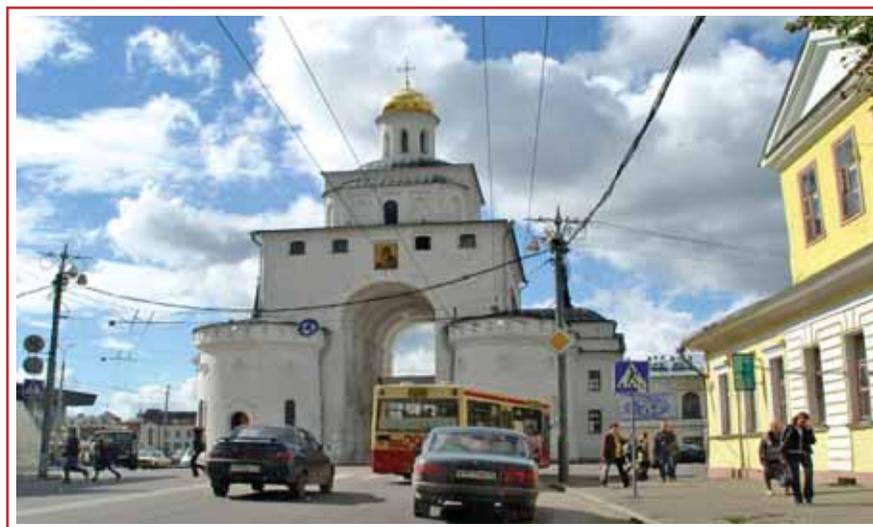
Заправка газовых автобусов на АГНКС оказалась очень эффективной и принесла трехстороннюю выгоду:

- ООО «Владавтолинии ПЛЮС» получило солидную экономию на топливе и уменьшило плату в экофонд, чем снизило себестоимость пассажироперевозок;

- АГНКС г. Владимир получила стабильного потребителя, что позволило резко повысить ее рентабельность, покрыть постоянные затраты и обеспечить безубыточную ритмичную работу;

- город Владимир получил экологический эффект от применения на пассажироперевозках КПГ, а снижение количества вредных выбросов в атмосферу города оказало благотворное влияние на здоровье его жителей и на сохранность исторического наследия Владимира.

Данный опыт перевода автобусов на КПГ в г. Владимир, безусловно, даст толчок к более широкому использованию альтернативного топлива, которым является природный газ, на автомобильном транспорте других городов. Тем более, что газификация транспорта выгодна всем.



## ВТОРОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР

**CH<sub>4</sub>-2008** 



СЕМИНАР ПРОВОДИТСЯ  
УКРАИНСКОЙ АССОЦИАЦИЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ  
ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ "УА-СИГМА"



ПОД ЭГИДОЙ:

- МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ УКРАИНЫ
- МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ РФ
- ОДЕССКОЙ ОБЛГОСАДМИНИСТРАЦИИ
- ОДЕССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА
- МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ ХОЛОДА

ПРИ УЧАСТИИ:

- ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА УКРАИНЫ  
ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЕ ТРУДА  
И ГОРНОМУ НАДЗОРУ
- ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ



Секретариат оргкомитета:

65026, Украина, Одесса-26, а/я 271

Тел/факс: + 380 48 777 00 87

E-mail: [uasigma@paco.net](mailto:uasigma@paco.net)

[Http://www.uasigma.odessa.ua](http://www.uasigma.odessa.ua)

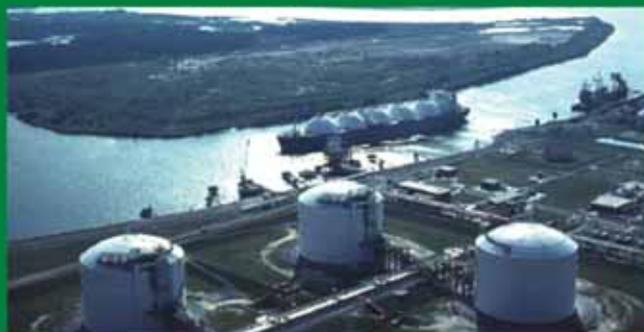
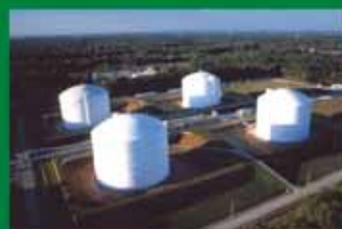


Генеральный информационный спонсор



## «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА КОМПРИМИРОВАННОГО И СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА»

19-23 мая 2008 года  
г. Одесса



Место проведения семинара:

Гостиница «Виктория», расположенная  
в знаменитом курортном районе  
г. Одессы — Аркадии.

Условия проживания:

Одноместные номера со всеми  
удобствами.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

ТРАНСПОРТ



ХОЛОДИЛЬНЫЙ  
БИЗНЕС



# Использование индивидуальных заправочных устройств компании «FuelMaker» (Канада) – эффективный путь внедрения КПГ в сельском хозяйстве



**О.Н. Бакаринова,**  
руководитель отдела маркетинга  
ОО «МИКРОМЕТАН»

Повышение рентабельности сельского хозяйства невозможно без применения новых технологий, снижения затратной части, в частности, финансовых расходов на моторное топливо для сельскохозяйственной техники.

**В**настоящий момент для сельхозпредприятий страны сложились благоприятные условия по переводу сельскохозяйственной техники на компримированный природный газ (КПГ). Во-первых, никогда еще не было столь большой разницы в стоимости жидкого нефтяного топлива и природного газа (метана). Во-вторых, государство стало серьезно заниматься развитием агропромышленного комплекса в рамках национального проекта.

В национальном проекте «Развитие АПК» одним из главных направлений является повышение рентабельности сельхозпродукции. Другой национальный проект – «Газификация России» – предполагает проведение магистральных газопроводов во все населенные пункты страны, что даст возможность получить свободный доступ к дешевому газомоторному топливу сельскохозяйственным предприятиям. На стыке этих двух национальных проектов и лежит область применения компактного УЗТС (устройства заправки транспортного средства КПГ).

Компактное УЗТС – это абсолютно новое для нашей страны решение, позволяющее совершить мягкий и плавный переход к повсеместному применению

КПГ на автотранспорте и сельскохозяйственной технике. УЗТС являются компактными устройствами, подключаемыми к бытовой газовой сети и однофазной электрической сети. Они имеют производительность при заправке от 3 до 13,6  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

УЗТС, как правило, устанавливаются в местах ночной стоянки автотранспорта, позволяя получать экономию

не только от перехода на КПГ, но и от сокращения холостых пробегов автомобиля до заправки и обратно.

УЗТС имеют помимо медленного режима еще и быстрый режим, схожий с заправкой большой АГНКС. Для этого УЗТС должно быть доукомплектовано блоком аккумуляторов газа (БАГ), который необходим для быстрой заправки автотранспорта. Сельхозпредприятиям вполне рационально приобрести передвижной заправщик ПАГЗ для использования в роли БАГ. Тем самым решается проблема дозаправки сельскохозяйственной техники в поле, когда идут интенсивные сельхозработы.

Как известно, строительство АГНКС требует больших финансовых затрат и является нерентабельным для большинства средних и мелких сельхозпредприятий страны.

Малая производительность и блочно-модульное исполнение позволяют получить следующие преимущества перед крупными АГНКС:

- максимальное и эффективное использование (загрузка на 70-80% и больше);



- постепенное наращивание производительности заправочного комплекса на базе УЗТС;

- низкое энергопотребление;

- широкий температурный диапазон эксплуатации устройств (от  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $+45^{\circ}\text{C}$ );

- быстрая диагностика и замена неисправных компонентов; при монтаже нескольких станций в одну систему можно проводить поочередное обслуживание, не останавливая работу всех установок;

- минимальные сроки монтажа, пусконаладочных работ и ремонта;

- высокая мобильность УЗТС (переустановка в другое место эксплуатации);

- небольшие габариты и масса;

- возможность эксплуатации УЗТС в нескольких режимах – быстром, медленном или комбинированном.

В настоящий момент на российском рынке представлены индивидуальные метановые заправочные устройства только канадской корпорации «FuelMaker», которая является одним из признанных мировых лидеров в производстве бессмазочного компрес-

сорного оборудования для природного газа и водорода. Микрозаправки корпорации «FuelMaker» более десяти лет работают во многих странах мира.

Продукция компании «FuelMaker» достаточно проста в обращении, не требует постоянного обслуживания. В канадских микрозаправках используются бессмазочные компрессоры, которые не загрязняют маслом сжимаемый газ, обладают высокой степенью надежности, признанной во всем мире.

Одно заправочное устройство в состоянии обеспечить несколько легковых автомобилей газовым топливом для ежедневного пробега в 150-200 км.

При цене дизельного топлива, равном 20,9 руб. (Нижегородская область, февраль 2008 г.), и постоянной загрузке компактные УЗТС окупают-



ся за 6-10 месяцев работы. В случае приобретения УЗТС в лизинг окупаемость оборудования наступает раньше, чем заканчиваются лизинговые выплаты.

В настоящее время по заказу ООО «МИКРОМЕТАН» одна российская компания работает над разработкой УЗТС, работающего в более широком диапазоне входного давления газа, что позволит при малых габаритных размерах устройства получить достаточно большую производительность устройства (до  $17-25 \text{ nm}^3/\text{ч}$ ).

## Маленькая заправка – решение больших проблем

- ✓ Загрузка до 100%
- ✓ Быстрая окупаемость
- ✓ Заправка в удобное время
- ✓ Легкость и простота применения
- ✓ Бессмазочные технологии
- ✓ Безупречная репутация и многолетний опыт производителя **FuelMaker**

официальный дилер Корпорации FuelMaker

607183 г. Саров Нижегородской обл., ул Курчатова, д. 3, офис 100  
 URL: <http://micrometan.ru>  
 +7 (83130) 63388, факс 63395,  
 e-mail: [market@micrometan.ru](mailto:market@micrometan.ru)  
 icq: 473-851-221

МЕТАН ИЗ БЫТОВОЙ СЕТИ В МОТОР АВТОМОБИЛЯ

# Реконструкция сети АГНКС ОАО «Газпром»

**А.М. Савиных**, начальник лаборатории АГНКС ООО «ВНИИГАЗ»

Как известно из истории, первое применение природного газа в качестве моторного топлива относится к середине XIX в., когда в 1858 г. французский инженер Этьен Ленуар изобрел двигатель внутреннего сгорания, работавший на газе. Однако во Франции техника и экономика перевода автотранспорта на сжатый газ были в достаточной степени проработаны только в 20-е гг. прошлого столетия. Были спроектированы и построены газонаполнительные станции в Париже, Лионе и других городах.

**В** отечественной практике сжатый природный газ (КПГ) в качестве моторного топлива начал применяться одновременно с другими европейскими странами в 1934-1936 гг., были построены автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) в Мелитополе, Москве и намечалось строительство еще в целом ряде городов, но выполнению планов помешала война.

Замещение традиционных видов жидкого моторного топлива природным газом, начиная с середины прошлого столетия, становится актуальной проблемой во многих странах мирового сообщества по экономическим и экологическим соображениям. В СССР принимаются Постановления Совета Министров № 183 от 16.02.1981 г. и № 903 от 11.09.1981 г., которые положили новое начало развитию газомоторного транспорта в стране.

С 1983 по 1992 гг. на территории бывшего СССР было построено 357 АГНКС (табл. 1). В настоящее время в Российской Федерации создана и действует сеть в количестве более 200 АГНКС, из которых дочерним обществам ОАО «Газпром» принадлежат 186 станций.

Целевой комплексной программой (ЦКП) развития газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе на 2007-2015 гг., утвержденной приказом № 71 от 20 марта 2007 г. ОАО «Газпром», к 2015 г. в России планируется построить еще 200 АГНКС

суммарной проектной мощностью 693 млн. м<sup>3</sup> КПГ в год и перевести на работу на КПГ более 50 тыс. автомобилей. И это без учета возможного строительства АГНКС предприятия, не входящими в структуру ОАО «Газпром».

Очевидно, что до 2012-2015 гг. подавляющее количество КПГ в России должно производиться существующей, назовем ее «базовой», сетью АГНКС условной производительностью 500 и 250 заправок в сутки, оснащенных компрессорными установками производства бывшей ГДР, ПО «Борец» (г. Москва) и СМНПО им. М.В. Фрунзе (Украина).

В процессе эксплуатации ресурс основного технологического и вспомогательного оборудования этих АГНКС уже выработан или в ближайшие годы будет выработан.

С ежегодным приростом реализации КПГ в среднем на 20-25% (рис. 1) загрузка АГНКС и интенсивность эксплуатации морально и фи-

Таблица 1

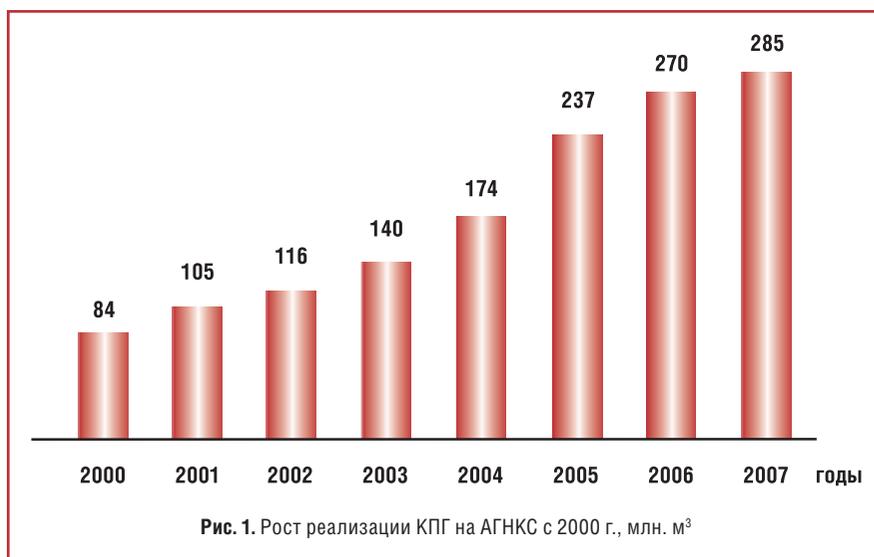
**Динамика ввода АГНКС в СССР**

Год	Введено, ед.		Наличие на конец года всего, ед.	Отпущено КПГ всего, млн. км <sup>3</sup>
	Всего в СССР	В том числе в России		
1983	1	1	1	—
1984	24	18	25	3,9
1985	63	31	88	55,5
1986	59	32	147	226
1987	87	51	234	452,4
1988	37	25	271	803
1989	43	17	314	1006
1990	29	8	343	1103,5
1991	9	2	352	1033
1992	5	1	357	832
<b>Всего</b>	<b>357</b>	<b>188</b>	<b>357</b>	<b>5515,3</b>

Таблица 2

**Срок службы оборудования АГНКС**

№ п/п	Объект, узел	Срок службы (лет по исх. треб.)	Срок службы (лет по паспорту)
1	Блочно-комплектная АГНКС	20	20
2	Блок входных кранов	20	
3	Блок очистки газа (фильтры)	20	10
4	Узел замера газа	8	
5	Компрессорная установка «Борец»	140 000 ч (при наработке 4000 ч/г. – 35 лет)	140 000 ч
6	Блок продувочных емкостей	20	10
7	Установка осушки газа	20	20
8	Аккумуляторы газа	20	20
9	Газозаправочная колонка	20	10
10	Блок подготовки импульсного газа	20	
11	Система автоматического управления (САУ) АГНКС	8	8
12	Арматурный блок	20	



зически устаревшего оборудования также увеличились и продолжают увеличиваться, здания и сооружения станций ветшают.

Для поддержания сети АГНКС в рабочем состоянии необходимо проведение плановой реконструкции и технического перевооружения станций. Главным основанием для этого является «назначенный» при проектировании эксплуатационный ресурс или срок службы оборудования – 20 лет. Для отдельных видов оборудования этот ресурс значительно меньше (табл. 2).

Из вышесказанного очевидно, что количество АГНКС, подлежащих реконструкции в ближайшие годы, определяется динамикой их ввода в эксплуатацию в 80-х гг. прошлого столетия. В России наиболее интенсивно АГНКС строились и вводились в 1985-1988 гг. – 139 станций.

По инициативе дочерних Обществ ОАО «Газпром», эксплуатиру-

ющих АГНКС, их реконструкция в той или иной степени уже проводится. Предварительно специалистами ООО «ВНИИГАЗ» определено, что за период 2007-2015 гг. реконструкции подлежат 156 АГНКС (табл. 3), из них с компрессорами:

- ПО «Борец» 500 – 56 ед.;
- бывшей ГДР 500 – 58 ед.;
- МБКИ (БКИ) 250 – 42 ед.

При этом в табл. 3 красным цветом выделено количество АГНКС со сроком эксплуатации более 20 лет, на которых до 2007 г. уже нужно было бы провести реконструкцию, и теперь эти сроки, естественно, переносятся на последующие годы.

Поэтому поддержание сети АГНКС в работоспособном состоянии, обеспечивающем возрастающие потребности в КПГ, становится одной из важнейших задач ближайшего периода.

При этом должны учитываться основные особенности эксплуата-

ции АГНКС в последнее десятилетие. Например, при низкой загрузке станций наработка КУ также была невелика, в связи с чем моторесурс большинства компрессоров далеко не исчерпан, поэтому вопрос замены компрессорных установок для каждой АГНКС должен решаться индивидуально. С другой стороны большая часть емкостного оборудования и трубопроводов все эти годы находилась под рабочим давлением и, следовательно, нуждается если не в замене, то во всяком случае в соответствующей ревизии технического состояния. Работы, проводимые в последние годы по диагностическому обследованию, свидетельствуют, что большинство технологических систем АГНКС при определенных условиях могут эксплуатироваться и дальше.

Сложившаяся ситуация диктует необходимость применения индивидуального подхода по определению объемов реконструкции каждого объекта газозаправочной сети с учетом требований потребителя в обеспечении КПГ и сопутствующими услугами. В то же время при реконструкции необходимо обеспечить достаточный объем продаж КПГ на каждой станции.

Исходя из этого, реконструкция и техническое перевооружение АГНКС должны осуществляться по следующей схеме:

- разработка концепции реконструкции и технического перевооружения;
- сбор и разработка исходных требований на реконструкцию по АГНКС-500 и АГНКС-250;

Таблица 3

Количество АГНКС ОАО «Газпром», подлежащих реконструкции по типу станций

Тип станции	Годы									Всего
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
АГНКС-500 (Борец)	54	8	10	10	12	6	5	4	1	56
АГНКС-500 (ГДР)	43	–	8	10	10	10	10	6	4	58
АГНКС-250 (БКИ)	2	–	–	2	7	10	6	3	2	30
АГНКС-250 (МБКИ)	–	–	1	1	2	–	3	1	4	12
<b>Всего:</b>	<b>99</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>156</b>

- подготовка рекомендаций по реконструкции и техническому перевооружению;

- определение и утверждение перечня АГНКС, подлежащих реконструкции;

- разработка и утверждение программы реконструкции и технического перевооружения;

- разработка типовых проектов реконструкции;

- привязка типовых проектов применительно к особенностям конкретных станций.

В настоящее время ООО «ВНИИГАЗ» разработан проект концепции, определяющей основные принципы и регламентирующей порядок проведения реконструкции и технического перевооружения, для разработки «Программы реконструкции и технического перевооружения объектов газомоторного бизнеса ОАО «Газпром».

Проектом концепции определена основная цель реконструкции и технического перевооружения сети АГНКС – повышение эффективности использования основных средств, поддержание проектной производительности, снижение эксплуатационных затрат, повышение рентабельности АГНКС и промышленной безопасности состояния объектов.

Концепция призвана скоординировать усилия ОАО «Газпром» и его дочерних структур для обеспечения наибольшей эффективности использования собственных и привлекаемых ресурсов в области реконструкции сети АГНКС. Концепция предусматривает также разработку и реализацию соответствующих организационных, экономических и технических мероприятий в динамике по годам, включая выбор технологических решений, проектирование, собственно реконструкцию, с использованием современных отечественных и зарубежных технологий. При этом можно выделить, как основные из них, следующие мероприятия.

### **Организационные мероприятия по реконструкции:**

- оценка технического состоя-

ния основного и вспомогательного оборудования АГНКС;

- определение критериев и перечня первоочередных объектов реконструкции и технического перевооружения;

- разработка единых технических требований к оборудованию, техническим устройствам, системам и т.д.;

- разработка типовых рабочих проектов реконструкции и технического перевооружения и их привязка к конкретным станциям с учетом индивидуальных особенностей с целью максимальной унификации оборудования в составе АГНКС;

- обоснование производительности, основных технических показателей и экономической эффективности реконструируемых станций с учетом перспектив применения КПГ в данном регионе;

- внедрение высокоэффективных технических решений, технологий, оборудования и материалов при реконструкции объектов газозаправочной сети;

- создание системы мониторинга работ по реконструкции, замене и модернизации оборудования АГНКС и использование накопленного опыта в дальнейшем.

### **Технические мероприятия по реконструкции:**

- выбор оптимальных технологических параметров реконструируемого оборудования в составе АГНКС на основе современных технологий проектирования;

- максимальное использование существующих мощностей, оптимальная загрузка АГНКС;

- обеспечение потребителей компримированным природным газом на период проведения реконструкции станций за счет использования передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗ);

- внедрение современных систем автоматического управления компрессорными установками и блоками осушки газа;

- внедрение современных систем коммерческого учета поступаю-

щего на АГНКС и отпускаемого автотранспорту природного газа;

- внедрение информационных систем передачи данных с АГНКС;

- учет требований единого корпоративного стиля.

Планирование мероприятий по реконструкции и техническому перевооружению газозаправочной сети предполагается проводить с учетом выполнения ЦКП.

### **Основные направления стыковки концепции реконструкции и технического перевооружения АГНКС с ЦКП:**

- определение очередности АГНКС, подлежащих реконструкции с учетом программы строительства новых АГНКС;

- взаимосвязка сроков реконструкции АГНКС со сроками строительства новых станций;

- определение возможности совмещения плановых ремонтных работ на АГНКС с проведением работ по реконструкции;

- разработка технических предложений по проведению реконструкции станции в целом или по этапам с учетом частичного или полного сохранения мощностей производства КПГ;

- использование ПАГЗ для обеспечения заправки газобаллонного транспорта в зоне реконструируемых АГНКС.

Программа должна формироваться на основании предложений дочерних обществ ОАО «Газпром» и разработок ООО «ВНИИГАЗ».

В результате своевременного проведения работ в период 2008-2015 гг. будет достигнута основная цель реконструкции и технического перевооружения имеющейся сети АГНКС – повышение промышленной безопасности состояния объектов газозаправочной сети и производительности реконструируемых АГНКС, привлечение новых потребителей КПГ, снижение эксплуатационных расходов и повышение экономической эффективности использования основных средств.

# Технологии использования природного газа в двигателях автотранспортных средств и силовых установках

Н.А. Лапушкин, ст. научный сотрудник ООО «ВНИИГАЗ», к.т.н.

Перспективы дальнейшего развития двигателестроения в первую очередь связаны с улучшением экологических характеристик двигателей, повышением их удельной мощности, экономичности и надежности. Проблема экономии жидкого топлива, получаемого из нефти, а также истощение освоенных мировых запасов ее выдвигают на первый план использование в качестве моторного топлива в поршневых двигателях внутреннего сгорания природного газа, запасы которого достаточно велики, а также других горючих газов, получаемых в широких масштабах при разработке нефтяных и угольных месторождений, в промышленности и сельском хозяйстве.

**М**етан, в сравнении с другими углеводородами, химически наиболее инертен, присутствует в атмосфере в естественном состоянии и не участвует в фотохимическом процессе образования «смога». При полном сгорании метана на единицу тепла углекислого газа образуется в 1,22 раза меньше, чем при сгорании бензина, в 1,34 раза меньше, чем у дизельного топлива, и в 2,17 раза меньше, чем при сжигании каменного угля. В отработавших газах при сжигании газовых топлив практически нет и продукта неполного сгорания сажи. То есть, сжигание метана в наименьшей степени загрязняет атмосферу углекислым газом. Выбросы токсичных веществ с отработавшими газами поршневых двигателей при использовании различных топлив показаны на рис. 1.

С точки зрения экологии газовые топлива успешно конкурируют с традиционными даже в случае установки на автомобилях систем нейтрализации отработавших газов. Ужесточение экологических требований на выбросы вредных веществ с выпускными газами и введение норм «Евро-4» и «Евро-5» требуют существенной доработки конструкции двигателя и автомобиля. При использовании тра-

диционных топлив, применении специальных мер (каталитических нейтрализаторов, дожигателей, систем рециркуляции, систем для впрыска мочевины, воды), а также использовании специальных очищенных топлив стоимость автомобиля увеличивается до 12%. Переход на газовое топливо позволяет избавиться от части этих систем. В этом случае стоимость газового автомобиля с учетом его выпуска на заводе и автомобиля на традиционном топливе может быть очень близкой.

Однако в настоящее время на российском рынке отсутствуют предло-

жения отечественных заводов-изготовителей – не выпускаются серийно газовые и газожидкостные двигатели как транспортного, так и стационарного назначения. Вместо этого есть предложения различных отечественных фирм и организаций по технологиям перевода дизельных двигателей различного назначения в газовые и газожидкостные модификации, технический уровень которых оставляет желать лучшего. Причин здесь несколько, но главным является то, что организации, разрабатывающие технологии конвертирования, практически не ведут исследований в области рабочих процессов газовых и газодизельных двигателей, а также не занимаются проблемами их надежности.

Задача, как правило, ставится следующим образом: приспособить конкретный двигатель для работы по газовому или газожидкостному циклу с получением интегральных характеристик по крутящему моменту и мощности, близких к прототипу. Для этого подбирается степень сжатия, соответствующее газоподдающее оборудование и система воспламенения и управления. Однако без серьезного изучения и понимания процес-

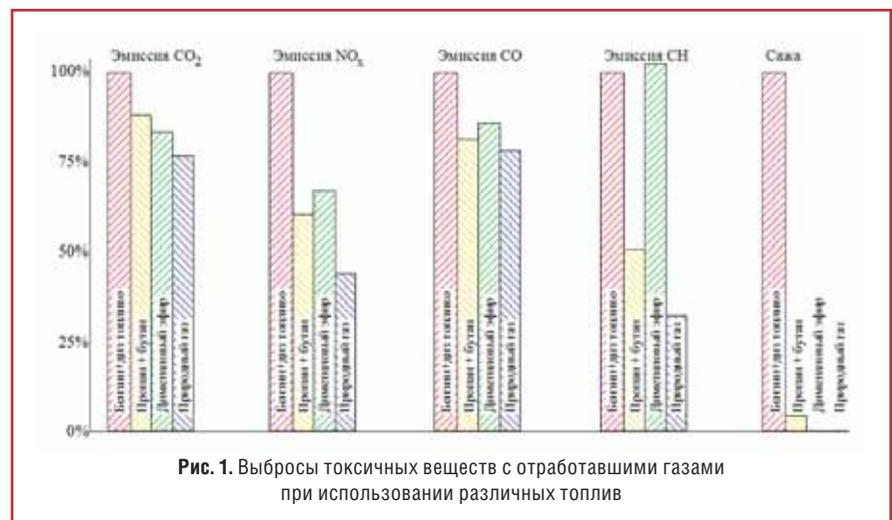


Рис. 1. Выбросы токсичных веществ с отработавшими газами при использовании различных топлив

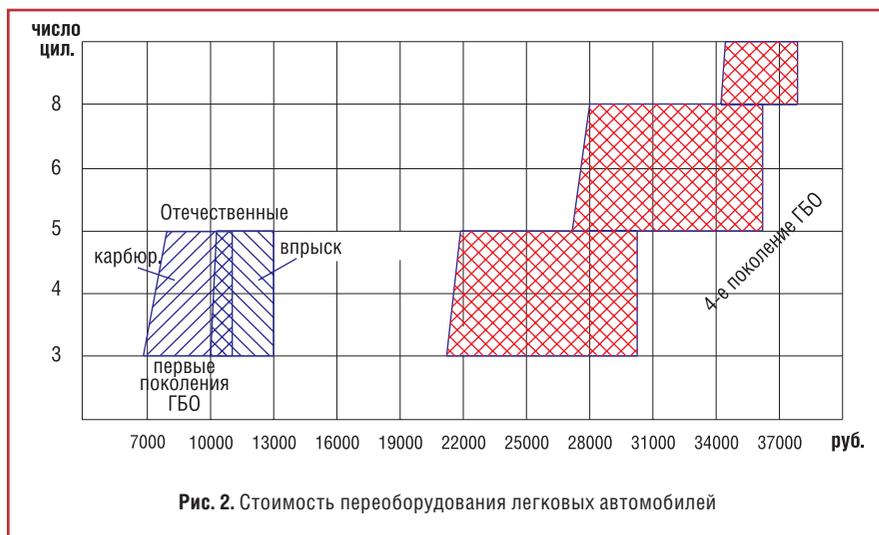


Рис. 2. Стоимость переоборудования легковых автомобилей

сов, происходящих внутри цилиндра двигателя, в принципе невозможно создание высокоэкономичных, малотоксичных и, что особенно важно, надежных двигателей.

Переоборудование легковых автомобилей и легких грузовиков, работающих с двигателями с искровым зажиганием, не вызывает особых трудностей. Стоимость переоборудования таких автомобилей представлена на рис. 2.

Дизельный двигатель-прототип может быть конвертирован в газовый с воспламенением факелом запального дизельного топлива – газодизель – или с воспламенением от электрической искры. В стационарных газовых двигателях большой мощности находит применение также форкамерно-факельный способ воспламенения газозвушной смеси.

Рабочий процесс газодизеля существенно отличается от рабочего процесса двигателя с искровым зажиганием и имеет особенности, связанные, в первую очередь, с воспламенением факела дизельного топлива вследствие нагрева его до необходимой температуры в результате сжатия рабочей смеси, а также особенности регулирования подачи газового и запальной дозы жидкого топлива. При газодизельном рабочем процессе смесь поджигается не в одной или двух точках, как при искровом зажигании в центре заряда газозвушной смеси, а во всем объеме камеры сгорания одновременно.

Стоимость переоборудования автотракторной техники на газовое топливо показана на рис. 3.

Следует отметить потенциальные преимущества газодизельного про-

цесса по сравнению с искровым зажиганием. Известно, что КПД дизельного цикла составляет более 42%, КПД цикла с искровым зажиганием – около 36%, а в газодизельном цикле достигнут КПД 44,5%. Высокий КПД газодизеля обеспечивает существенно меньшее потребление топлива в двигателях равной мощности.

Высокая эффективность рабочего процесса газодизеля определяется организацией процесса смесеобразования и, главным образом, процесса сгорания топлива. Он носит многоочаговый характер (в отличие от одиночного очага вокруг искрового разряда), что обеспечивает быстрое сгорание топлива и практически исключает возникновение детонационного сгорания, хотя возможна жесткая работа двигателя при неправильном угле опережения впрыска запального топлива. Напротив, рабочий процесс с искровым зажиганием требует для обеспечения бездетонационного сгорания установления степени сжатия, соответствующей или незначительно превышающей степень сжатия бензинового двигателя, исходя из детонационной стойкости метана, равной 110 ед.

Таким образом, газовый двигатель с искровым зажиганием значительно уступает по экономичности дизелю-прототипу и газодизелю. Применение искрового зажигания в мощных двигателях, конвертированных из дизелей, не оправдано также из-за напряженной работы свечей зажигания и необходимости вносить существенные изменения в конструкцию дизельного двигателя, что часто невозможно.

Из возможных схем подачи газового топлива в цилиндры следует отметить схему с центральным подводом газа (рис. 4), как наиболее востребованную для переоборудования существующего парка дизельных двигателей.

Кроме центральной подачи, используется распределенная подача газового топлива. Газовые форсунки устанавливаются во впускном коллекторе, и газовое топливо подается под впускные клапаны во время их откры-

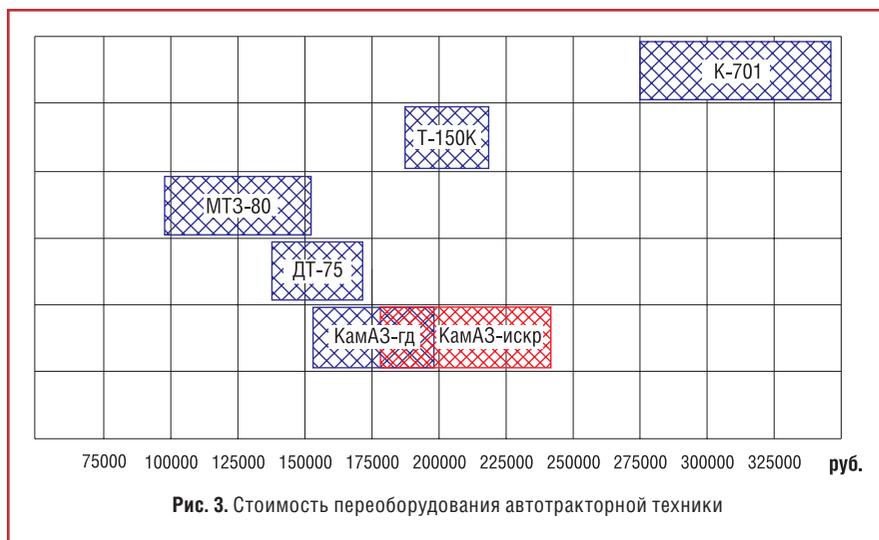
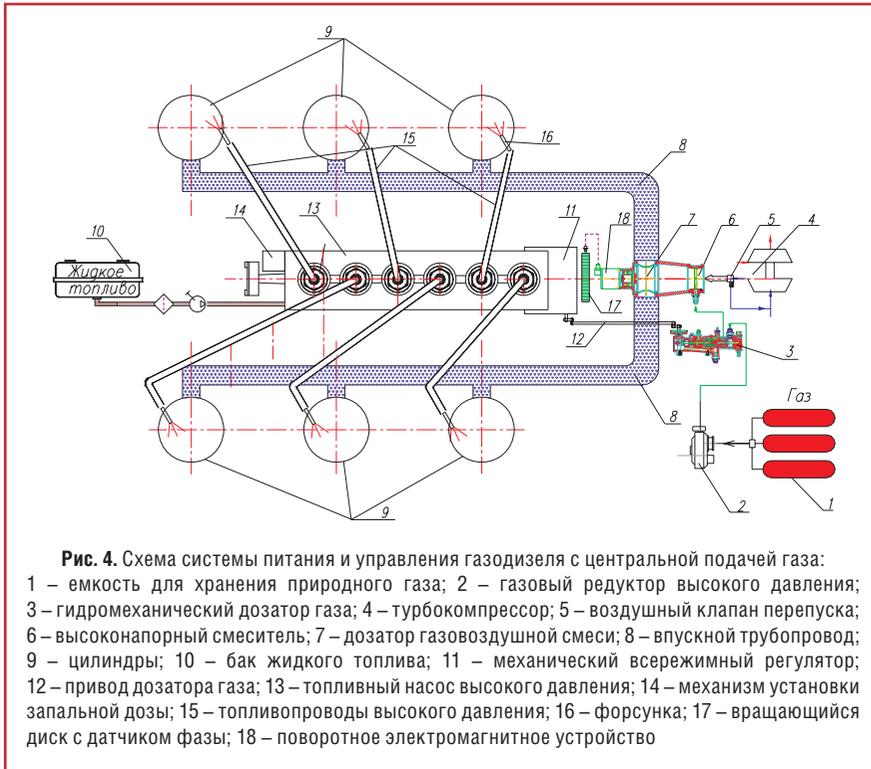


Рис. 3. Стоимость переоборудования автотракторной техники



тия. Это позволяет исключить потери газового топлива при перекрытии клапанов. Основная трудность применения распределенного впрыска – отсутствие на рынке надежных газовых форсунок. Также необходимо поддерживать высокое давление в газовой магистрали – свыше 8 бар, что заметно сокращает пробег автотранспортных средств между заправками.

Газообразное топливо успешно используется и при внутреннем смесеобразовании. Наиболее эффективно такое смесеобразование в двухтактных двигателях, так как позволяет устранить потерю топлива во время продувки-наполнения цилиндров и опасность взрывов в выпускных коллекторах. В этом случае газ подается в цилиндры в течение такта сжатия из магистрали под сетевым давлением (0,3-0,8 МПа), и никаких дополнительных устройств для компримирования газа не требуется. При таком смесеобразовании коэффициент наполнения может возрасти на 10-15% с соответствующим увеличением среднего индикаторного давления.

Наряду с указанными преимуществами двигателям с внутренним

смесеобразованием присущи и недостатки. Смешение газа с воздухом на коротком участке такта сжатия не всегда обеспечивает такую же однородность смеси, как при внешнем смесеобразовании, что может привести к некоторому снижению индикаторного КПД, а также усложнить регулирование двигателя. Для устранения отмеченных недостатков используются методы управления неравномерностью распределения газового топлива по объему цилиндра (завихривание и расслоение заряда), применяемые фирмами «МАН», «Вокеша», «Катерпиллар», «Ауди» и др., а также форкамерно-факельное зажигание, используемое на двигателях АО «Русский Дизель», АО «Завод им. Малышева», фирм «Растон» и «Купер-Бессемер».

Специалистами ООО «ВНИИГАЗ» разработана концепция использования газового топлива в газодизельных транспортных силовых установках с воспламенением газозвушной смеси в цилиндрах минимальной запальной дозой дизельного топлива, составляющей 12-18% от номинальной цикловой подачи жидкого топлива во всем диапазоне режимов работы. Характеристики газодизельного дви-

гателя ЯМЗ-236 HE (рис. 5) представлены в табл. 1.

Автомобильный двигатель работает в достаточно сложных условиях, и требования, предъявляемые к нему, весьма противоречивы. Стремление выполнить все существующие требования и ограничения обуславливает компромиссный характер решений, принимаемых при создании системы управления рабочим процессом газового двигателя, которое производится по следующим параметрам:

- смешанное регулирование количества и состава газообразного рабочего тела, поступающего в цилиндры двигателя;

- подача запальной дозы жидкого топлива, регулируемая по величине и по началу впрыска.

Экологические показатели газодизеля соответствуют нормам «Евро-2», а при применении нейтрализатора можно обеспечить и более жесткие нормативы.

Система питания и управления газодизелем обеспечивает регулирование и защиту двигателя при работе в дизельном и газодизельном режимах:

- 1) ограничение подачи топлива при достижении двигателем максимальной частоты вращения коленчатого вала (КВ) двигателя;
- 2) блокировку одновременного включения подачи газа при подаче дизельного топлива выше установленной для данного режима величины запальной дозы;
- 3) автоматическое переключение на питание дизельным топливом в случае прекращения подачи газа;



**Рис. 5.** Газодизельный двигатель ЯМЗ-236HE

**Технические характеристики двигателя ЯМЗ-236НЕ**

Параметры	Единица измерения	Дизель	Газодизель
Номинальный режим	кВт/мин <sup>-1</sup>	169/2100	169/2100
Режим максимального крутящего момента	Н • м/мин <sup>-1</sup>	880/1300	880/1300
Расход газа $Ne_{ном}/Mкр_{max}$	нм <sup>3</sup> /ч	–	32 / 18
Расход жидкого топлива $Ne_{ном}/Mкр_{max}$	кг/ч	40 / 26	8,2 / 4,2
Габаритные размеры	мм	1800x1045x1080	1800x1045x1080
Масса	кг	1265	1273
Ресурс работы до капремонта	ч	9500	9500
Стоимость переоборудования двигателя	% от стоимости двигателя		25-30

Таблица 2

**Технические характеристики двигателя КамАЗ 740.13-260**

Параметры	Единица измерения	Дизель	Газодизель	Искровой
Номинальный режим	кВт/мин <sup>-1</sup>	191/2200	191/2200	174/2200
Режим максимального крутящего момента	Н • м/мин <sup>-1</sup>	931/1400	931/1400	910/1400
Расход газа $Ne_{ном}/Mкр_{max}$	нм <sup>3</sup> /ч	–	32 / 18	38/24
Расход жидкого топлива $Ne_{ном}/Mкр_{max}$	кг/ч	40 / 26	8,2 / 4,2	
Габаритные размеры	мм	1103x900 x1107	1103x900 x1107	1103x900 x1107
Масса	кг	835	843	829
Ресурс работы до капремонта	ч	9500	9500	9500
Стоимость переоборудования двигателя	% от стоимости двигателя		25-30	35-40

4) отключение подачи газа при уменьшении подачи жидкого топлива ниже величины запальной дозы.

Ограничение максимальной частоты вращения КВ двигателя производится всережимным регулятором, который обеспечивает уменьшение цикловой подачи дизельного топлива при превышении заданной частоты вращения КВ двигателя при работе в дизельном режиме. В случае работы двигателя по газодизельному режиму при заданной цикловой подаче запальной дозы всережимный регулятор обеспечивает уменьшение подачи газа.

Таким образом, регулятор газодизеля обеспечивает в дизельном режиме выполнение всех функций обычного всережимного регулятора частоты вращения КВ двигателя дизеля. В газодизельном режиме регулятор выполняет всережимное регулирование частоты вращения КВ двигателя с управляющим воздей-

ствием на подачу газа и корректирующими воздействиями на величину запальной дозы, а также на состав газозоудшной смеси. Коррекция запальной дозы позволяет уменьшить величину подаваемого топлива на больших частотах вращения КВ двигателя и обеспечить желаемую форму зависимости величины запальной дозы от частоты вращения.

Мощность газодизеля зависит от суммарной подачи газового и жидкого топлив. Чтобы избежать перегрузки газодизеля, максимальную подачу обоих видов топлива необходимо строго ограничивать. Для этого в газоподводящем газопроводе устанавливается дроссель, что ограничивает максимальный расход газа, а подача запальной дозы дизельного топлива не должна превышать подачу, указанную в инструкции по эксплуатации газодизеля.

Переход из газодизельного режима в дизельный может производиться

на любом скоростном режиме при снятой нагрузке на двигатель.

Опыт перевода двигателей КамАЗ 740.13-260 с газотурбинным наддувом на газовое топливо показывает, что газодизельный процесс обеспечивает получение той же мощности, что и у дизеля-прототипа. Двигатель с искровым зажиганием имеет максимальную мощность примерно на 11-15% меньшую из-за ограничений по тепловой напряженности деталей (табл. 2).

Необходимо отметить все большее распространение электронных систем управления работой газодизельных двигателей, и будущее именно за этими системами. В этом случае штатный механический регулятор топливного насоса заменяется на электронный. Однако в ближайшем будущем появление серийных газодизелей с электронным управлением не ожидается из-за плохого сервиса и низкой культуры эксплуатации.

# Динамика роста реализации КПГ и подготовка кадров в ООО «Кавказтрансгаз»

**И.М. Коклин,**  
зам. директора Невинномысского ЛПУМГ ООО «Кавказтрансгаз», к.т.н.,  
**А.Д. Прохоров,**  
зав. кафедрой РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д.т.н.

ООО «Кавказтрансгаз» эксплуатирует систему магистральных газопроводов в Южном Федеральном округе и обеспечивает газоснабжение потребителей Астраханской области, Ставропольского края, республик Северной Осетии-Алании, Ингушетии, Кабардино-Балкарии, Калмыкии, Карачаево-Черкессии, ряда населенных пунктов Краснодарского края и Ростовской области, обеспечивает транспортировку газа в Чечню, Дагестан, Закавказье и Турцию.

**Ш**ирокое развитие магистральных газопроводов в регионе предопределило в середине 80-х гг. прошлого века строительство автомобильных газонаполнительных станций (АГНКС), предназначенных для производства компримированного природного газа (КПГ) и заправки им автотранспортных средств [1].

В настоящее время ООО «Кавказтрансгаз» эксплуатирует 12 АГНКС с суммарной годовой производительностью по газу 88 млн. м<sup>3</sup>, что позволяет высвободить в год не менее 65 тыс. т жидкого нефтяного топлива за счет замещения его природным газом. Наряду с заправкой автотранспорта

природным газом, компания проводит большую работу по переводу автотранспорта на КПГ. Технические возможности пяти пунктов по переводу на КПГ позволяют переводить на газ до 500 автомобилей в год.

В ООО «Кавказтрансгаз» наработан большой опыт организации переоборудования автотранспорта практически всех моделей, в том числе грузоподъемных и специальных машин (рис. 1-3).

В системе расширения газовой моторизации важное место занимают вопросы использования КПГ в сельском хозяйстве. Примером может быть Кочубеевский район, где многие сельхозпредприятия перевели свою

сельскохозяйственную технику на КПГ. Хороших результатов в этой области достигли колхозы «Казьминский» и «Руно» (см. таблицу).

Необходимо отметить высокую эффективность использования КПГ в колхозе «Казьминский» (рис. 4, 5).

На основе разработок специалистов ООО «ВНИИГАЗ» переведены на газомоторное топливо следующие модели тракторной техники – К-700А, К-701, МТЗ 80/82, ДТ-75, которые используются в службе подсобного сельского хозяйства и озеленения Невинномысского ЛПУМГ. Следует подчеркнуть, что впервые в стране в хозяйстве работает гусеничный трактор ДТ-75 (рис. 1).

Одним из основополагающих звеньев в решении задачи по расширению использования газомоторного топлива является комплексная система подготовки персонала, основанная на современной стратегии газовой отрасли в соответствии с положением в системе непрерывного профессионального образования.

В системе непрерывного обучения используются различные формы и приемы: производственные курсы, семинары, конференции, деловые игры, фильмы, лекции, дискуссии, дистанционное обучение. Немаловажную роль играет

Показатели	Колхоз «Руно»				Колхоз «Казьминский»			
	2003	2004	2005	2006	2003	2004	2005	2006
Количество автомобилей в хозяйстве, всего, шт.	20	20	20	20	159	226	226	228
В том числе газобаллонного, шт.	9	10	10	11	98	122	129	130
Пробег газифицированных автомобилей за год, тыс. км	146,2	105,4	173,5	171,0	1548	1716	1638	1557
Сумма прибыли от использования газа, тыс. руб.	365	197	340	322	1069	2540	3386	4409
Насколько снижена себестоимость перевозок (услуг), %	42	38	36	26,3	34,6	28	26,3	24,4



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

и самостоятельная подготовка специалистов.

В ООО «Кавказтрансгаз» сложилась схема комплексной подготовки персонала (рис. 6).

Наряду с традиционной схемой подготовки эксплуатационно-ремонтного персонала в технических училищах, средних и высших учебных заведениях в ООО «Кавказтрансгаз» функционируют собственные учебные учреждения:

- учебно-производственный центр (УПЦ) в составе Ставропольского ЛПУМГ в п. Рыздвяном;

- учебно-курсовой комбинат (УКК) в составе Невинномысского ЛПУМГ;

- филиал кафедр «Нефтепродуктообеспечения и газоснабжения» и «Проектирования и эксплуатации газонефтепроводов» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина (ранее филиал кафедр «Транспортировки и хранения нефти и газа») на базе Невинномысского ЛПУМГ [2].

УПЦ готовит специалистов по 93 специальностям, в их числе: операторы по добыче нефти и газа, ГРС, котельной; бурильщики разведочного, эксплуатационного бурения и капитального ремонта скважин; сотрудники, ответственные за безопасное производство работ кранами; стропальщики; машинисты технологических и стационарных компрессоров.

УКК обучает практически по всем газотранспортным специальностям (всего 29), в том числе готовит персонал, эксплуатирующий газобаллонную технику (автомобили, тракторы, тепловозы) и наполнители баллонов, а также производящий их ремонт.

Учебные заведения ООО «Кавказтрансгаз» располагают необходимой технической базой для ведения теоретического и практического обучения: лекционными аудиториями, лабораториями, кабинетами, мастерскими, полигонами, стендами, библиотеками и тренажерами.

Учебный процесс в учебных заведениях ведут штатные сотрудники, внештатные преподаватели из числа высококвалифицированных работников компании и приглашенные преподаватели вузов (Северо-Кавказский ГТУ, Северо-Кавказский НИПИГаз, РГУНГ им.

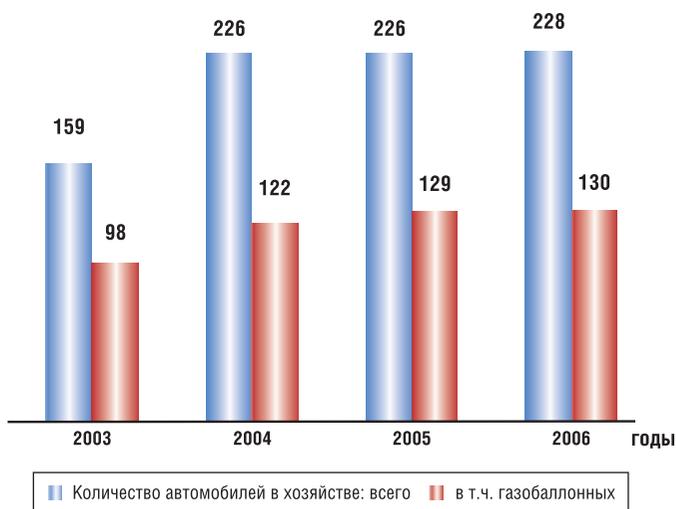


Рис. 4. Количество автомобилей в колхозе «Казьминский»

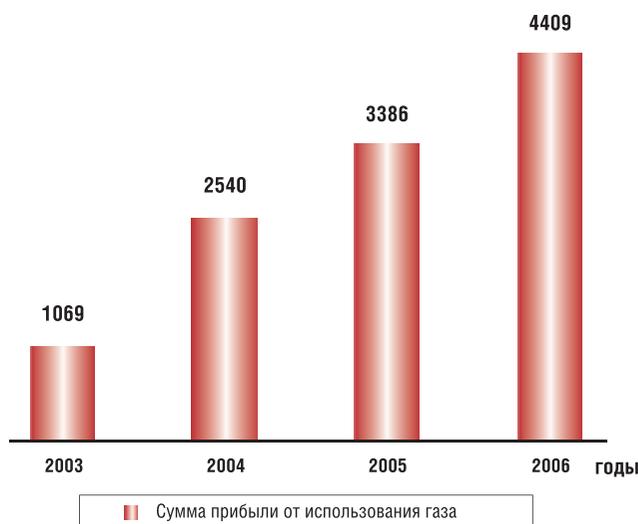


Рис. 5. Прибыль от использования КПГ в качестве газомоторного топлива на примере колхоза «Казьминский» (в 2003-2006 гг., тыс. руб.)



Рис. 6. Схема комплексной подготовки персонала

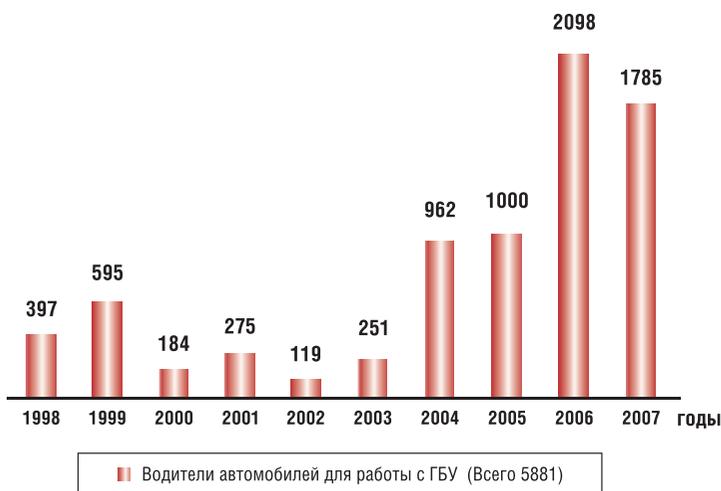


Рис. 7. Количество подготовленных водителей для работы с газобаллонными установками (ГБУ)

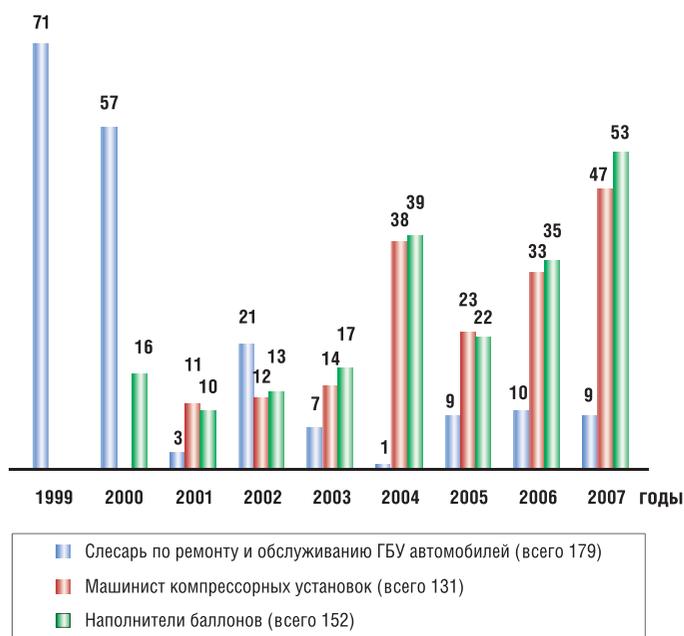


Рис. 8. Количество подготовленного персонала по эксплуатации газомоторной техники, чел., в 1999-2007 гг.

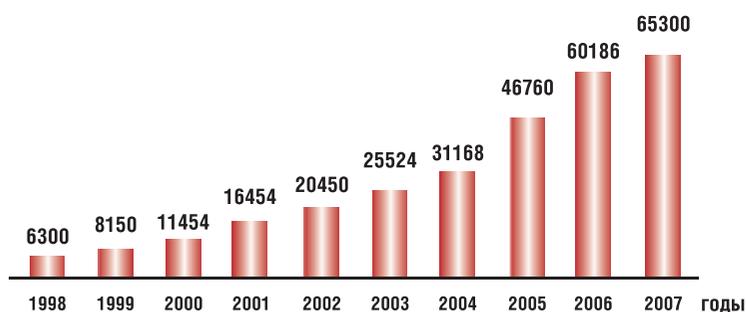


Рис. 9. Объемы реализации КПГ на АГНКС ООО «Кавказтрансгаз» в 1998-2007 гг., м³

И.М. Губкина и др.) и среднеспециальных учебных заведений региона.

Потребности в подготовке персонала, обслуживающего газозаправочную и газоиспользующую технику (машинисты СКУ, наполнители баллонов, слесари по ремонту оборудования, водители автотранспортных средств и сельхозтехники), удовлетворяются полностью как для самого ООО «Кавказтрансгаз», так и региона в целом.

Подготовка водителей производится в следующих населенных пунктах Северного Кавказа: Ставрополь, Изобильный, Рыздвяный, Невинномысск, Черкесск, Георгиевск, Нальчик, Пятигорск, Моздок, Владикавказ. Как правило, она производится с выездом преподавателей к месту проведения занятий.

Количество подготовленного персонала на базе УКК для эксплуатации газомоторной техники приведено на рис. 7, 8.

Система подготовки персонала ведется в совокупности со следующими мероприятиями:

- перевод на КПГ автотранспорта как собственного, так и сторонних организаций;
- организация сервисного обслуживания газобаллонной техники;
- освоение перевода на КПГ автомобилей специального назначения (грузоподъемники, коммунальные) и сельхозтехники в контакте с научно-исследовательскими организациями, разработчиками и изготовителями газоиспользующего и газозаправочного оборудования.

В общей сложности, начиная с 1994 г., переведено на КПГ более 3000 ед. автотранспортной техники, из них собственного транспорта более 300 ед.

Доля собственного газобаллонного автотранспорта от общего автопарка ООО «Кавказтрансгаз» составляет 18%, а в филиалах, находящихся в зоне действия АГНКС, – от 60 до 90%. Заемещение жидкого нефтяного топлива КПГ дает высокий экономический эффект. Так, эксплуатация на природном газе собственной техники позволила высвободить в 2006 г. 800 т жидкого нефтяного топлива, а экономия за год составила 7,4 млн. руб.

Целенаправленные мероприятия позволили ООО «Кавказтрансгаз» значительно увеличить в регионе объемы реализации КПП через АГНКС.

Динамика роста объемов реализации газомоторного топлива показана на рис. 9.

Реализация КПП в ООО «Кавказтрансгаз» в 2006 г. возросла на 28% по сравнению с 2005 г. и составила 60,186 млн. м<sup>3</sup>. Деятельность АГНКС компании рентабельна на протяжении последних пяти лет, в 2006 г. получена прибыль 19,374 млн. рублей [3].

Средняя загрузка станций составляет 75% проектной производительности, а четыре АГНКС (гг. Георгиевск, Нальчик, Владикавказ, Прохладный) по итогам работы в 2006 г. имели загрузку более 100%.

### Выводы

1. Устойчивая динамика роста услуг по использованию КПП диктуется необходимостью комплексного подхода к решению проблем газовой моторизации с учетом фактора подготовки обслуживающего персонала.

2. Проблема использования газа в качестве моторного топлива требует кропотливой практической организации на всех уровнях хозяйственной деятельности (государство, отрасль, предприятие, структурное подразделение).

3. Производственную структуру необходимо рассматривать как заключительный этап технического прогресса и развития науки с созданием организационно-финансовых условий для внедрения достижений в области газовой моторизации России.

4. Назрела необходимость разработки отраслевого положения по проведению конкурсов на лучшую организацию работ в области газовой моторизации с учетом повышения уровня подготовки персонала и стимулирования предприятий и организаций.

5. Используя опыт ООО «Кавказтрансгаз» наряду с повышением уровня подготовки персонала, необходимо разработать научно обоснованные организационно-технические мероприятия по повышению надежности и культуры обслуживания АГНКС.

## Литература

**1. Коклин И.М.** Система практической работы в области расширения использования газа в качестве моторного топлива в ООО «Кавказтрансгаз» на примере опыта Невинномысского ЛПУМГ. Обз. информ. Сер. Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Использование газа. М: ИРЦ Газпром, 2002.

**2. Коклин И.М., Прохоров А.Д.** Опыт функционирования филиала учебной кафедры ГАНГ им. И.М. Губкина на производстве. М: ИРЦ Газпром. НТС. Кадры газовой промышленности № 5, 1998.

**3. Зиновьев В.В., Джанджгава В.В., Ткаченко И.Г.** Современные организационно-экономические технологии развития услуг АГНКС на региональном рынке, ж. «Газовая промышленность», № 9, 2007. С. 25-28.

### ООО «КНПП «Метанмаш»

40004, Украина, г.Сумы,  
ул.Леваневского, 10/1  
Тел/факс:+38 (0542) 619-418  
Тел.:+38 (0542) 619-417  
E-mail:info@metanmash.com  
www.metanmash.com



### ООО «Калугагазмаш»

249096, Россия, Калужская обл.,  
г.Малоярославец, ул.Кирова,1  
Тел/факс:+7 (48431) 2-62-58  
Тел/факс:+7 (48431) 2-64-74  
E-mail:metan@mopaz.ru  
www.kaluzhgasymash.ru

**Наше предприятие является первым серийным производителем Автомобильных газонаполнительных компрессорных станций АГНКС на территории Российской Федерации**

Мы осуществляем полный комплекс работ включая индивидуальное проектирование оборудования АГНКС, производство и продажу полнокомплектных АГНКС и отдельных технологических блоков; монтажные и пусконаладочные работы оборудования собственного производства и других производителей, сервисное гарантийное и постгарантийное обслуживание, модернизацию действующих АГНКС, поставку и монтаж баллонов высокого давления производства компании Worthington Cylinders GmbH, Австрия и ГБО ведущих мировых производителей.

### Сегодня мы предлагаем:

- Полнокомплектные станции АГНКС-100 / 150 / 200 / 300 на базе газовых компрессоров типа АГШ производства Уральского компрессорного завода;
- Полнокомплектные станции АГНКС – 100 / 150 / 200 / 250 / 300 / 400 на базе компрессоров типа 680DE и 750DE производства компании Sicom s.r.l., Италия;
- Установку осушки газа УОГМ-1000/1-6 пятого поколения (возможна привязка к АГНКС любых производителей);
- Компенсаторы давления газа блочного исполнения объемом 2,4 / 3,6 / 4,8 м<sup>3</sup>;
- Баллоны высокого давления (автомобильные) и ГБО, для переоборудования автотранспорта на газомоторное топливо.



# Эффективность применения турбодетандерных агрегатов в технологии извлечения СУГ на месторождениях

**С.В. Моисеев**, главный инженер ОАО «Турбогаз» (Украина, г. Харьков),  
**В.И. Поливанов**, начальник сектора ОАО «Турбогаз», к.т.н.

От эффективности технологии подготовки газа к использованию на автотранспорте во многом зависит получение кондиционного газа, более полное извлечение сжиженных углеводородных газов (СУГ) и углеводородного конденсата.

**В** настоящее время основной способ подготовки газа на газоконденсатных месторождениях – низкотемпературная сепарация. Существенный фактор увеличения эффективности подготовки газа и производства СУГ на месторождениях – повышение технического уровня обустройства промыслов путем использования автоматизированных установок комплексной подготовки газа, использующих турбодетандерные агрегаты (ТДА).

В установках подготовки газа, использующих ТДА для охлаждения газа, низкотемпературная сепарация осуществляется без потребления энергии от внешних источников. Это – энергосберегающий технологический процесс в отличие от альтернативных вари-

антов с парокomppressorными или абсорбционными холодильными установками.

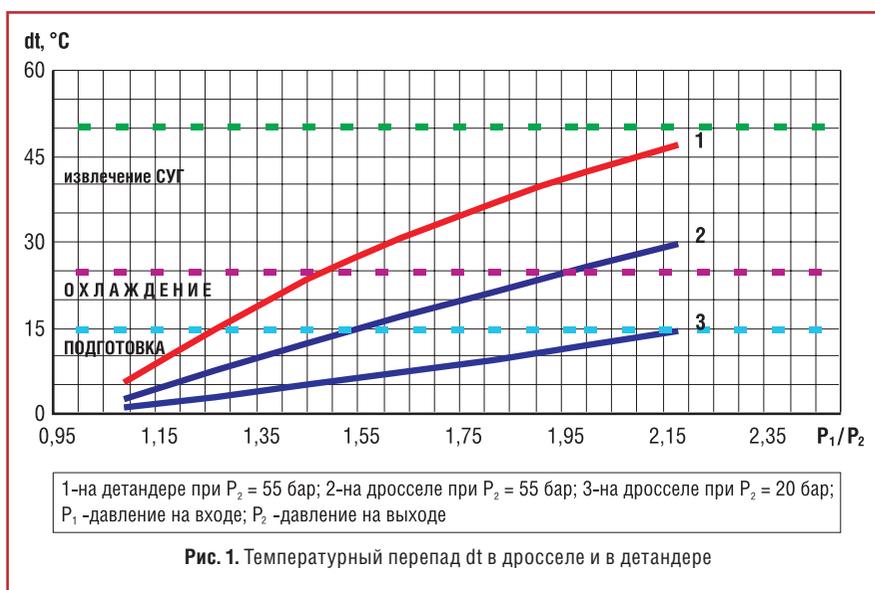
Технологический процесс низкотемпературной обработки газа предопределяет область работы ТДА по разности температур газа в турбодетандере (dt). По своей значимости этот параметр является одним из определяющих для конструкции агрегатов. На рис. 1 показаны области работы ТДА (по dt) в зависимости от отношения давлений газа на входе и на выходе турбодетандера и та же зависимость для дроссельного устройства. Отметим, что dt для дроссельного устройства уменьшается с падением давления перед ним, а для процесса расширения в турбодетандере эта зависимость практически остается неизменной.

Поэтому турбодетандерная техника находит применение на весь период эксплуатации газоконденсатных месторождений.

Для ТДА, работающих в установках комплексной подготовки газа (УКПГ), перепад температур составляет, как правило, 12-25°C, при этом отношение давлений вход/выход не превышает 1,3. Такой уровень перепада температур достаточен, чтобы турбодетандер совместно с рекуперативным теплообменником обеспечил требуемый уровень температуры осушки пластового газа (-5÷-25°C, но не ниже -30°C). Низкотемпературные турбодетандерные агрегаты (НТДА) работают в области более низких температур и предназначены для получения глубокого холода в установках подготовки с извлечением СУГ. При достижении уровня температур -60÷-70°C, кроме бензиновых фракций, извлекаются и пропан-бутановые фракции.

В установках охлаждения пластового газа в промышленных условиях, принципиальная схема которых показана на рис. 2, охлаждение газа происходит в рекуперативном теплообменнике (ТО) и в результате расширения газа в турбодетандере (Т). Получаемая энергия от турбодетандера посредством вала передается компрессору. Компрессор агрегата (К) частично восстанавливает давление газа после снижения его в турбодетандере и гидравлических потерь в подводящих трубопроводах.

ОАО «Турбогаз» поставляет турбодетандерную технику, которая применяется в составе промышленных установок подготовки газа к транспорту, охлаждения газа перед подачей в магистральный газопровод. Турбодетандерные агрегаты ОАО «Турбогаз» широко применялись на месторождениях Украины,



Средней Азии и Коми АССР. Только на Ямбургском месторождении с 1987 г. и по настоящее время на станциях охлаждения газа работает 63 агрегата.

За последние пять лет ОАО «Турбогаз» по заказу дочерних предприятий НАК «Нефтегаз Украины» разработало, поставило и ввело в эксплуатацию пять низкотемпературных турбодетандерных агрегатов на Юльевском НГКМ ГПУ «Харьковгаздобыча», Котелевском УСП ГПУ «Полтавагаздобыча», ГС «Крестиче» ГПУ «Шебелинкагаздобыча» и на ГКМ «Шуртан» (Республика Узбекистан).

Ниже в табл. 1 приведены основные параметры НТДА.

Для современной энергетики характерно постоянное развитие индустрии получения сжиженных природных газов (СПГ) и СУГ. Если сжижение метана требует относительно дорогих установок криогенной техники, то получение сжиженного углеводородного газа достигается умеренным холодом в более простых установках.

К ним, в первую очередь, относятся установки стабилизации конденсата с использованием деэтанатора и одной ректификационной колонны, которые реализованы на нескольких месторождениях Украины.

На Юльевском НГКМ пластовый газ, как показано на технологичес-

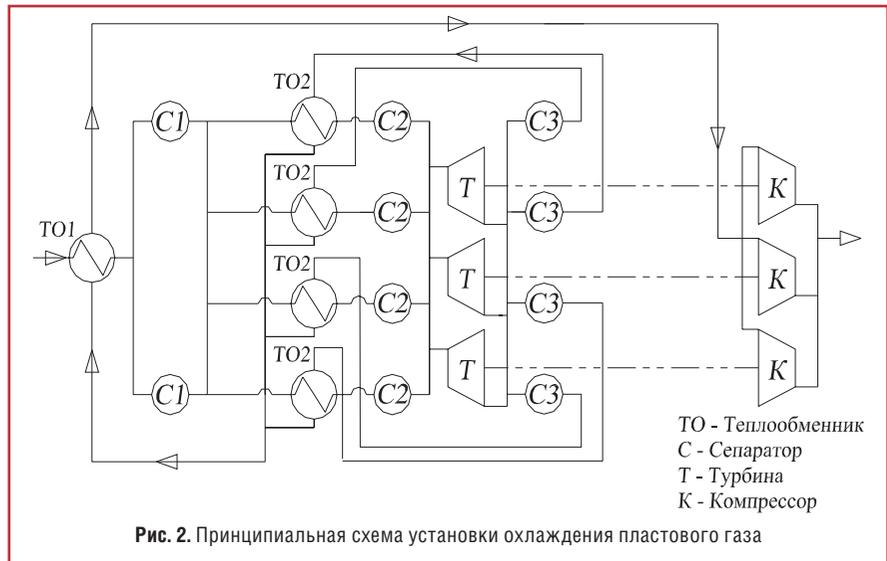


Рис. 2. Принципиальная схема установки охлаждения пластового газа

Таблица 1

### Основные характеристики НТДА

Наименование параметров	Параметры на номинальном режиме	
	ГКМ Юльевское	ГКМ Шуртан
Производительность по газу, млн.м <sup>3</sup> /сут.	2,4	9,0
Давление газа на входе в турбодетандер, МПа	6,4	4,44
Давление газа на выходе из турбодетандера, МПа	4,1	2,76
Температура газа на входе в турбодетандер, °С	-30	-52
Температура газа на выходе из турбодетандера, °С	-60	-76
Давление газа на выходе из компрессора, МПа	4,5	2,9
Температура газа на входе в компрессор, °С	41	38,0
Температура газа на выходе из компрессора, °С	50	49,0
Частота вращения ротора, об/мин <sup>-1</sup>	12000-17000	8000
Холодопроизводительность, кВт	840	2054

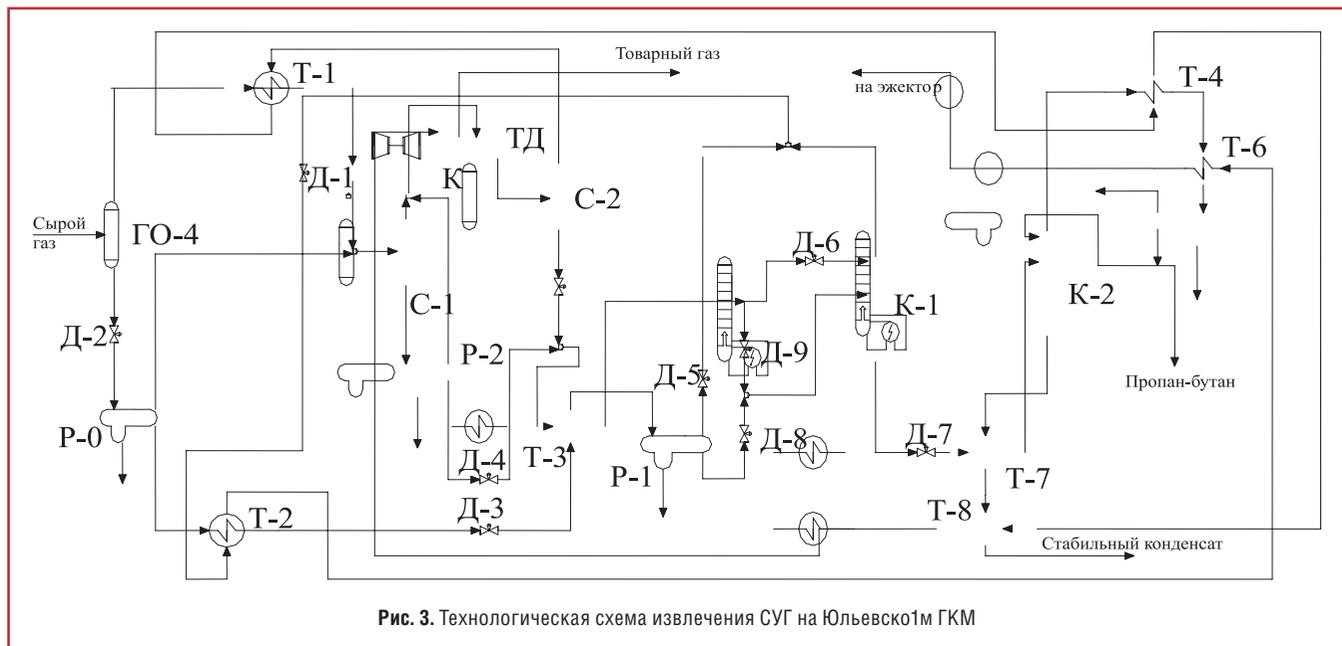


Рис. 3. Технологическая схема извлечения СУГ на Юльевском ГКМ



Рис. 4. НТДА-2,4-6,4-УХЛ4 на Юльевском НГКМ

кой схеме рис. 3, после сепараторов первой ступени ГО-4 поступает на теплообменник Т-1, где охлаждается до  $-25^{\circ}\text{C}$ . В поток газа перед Т-1 впрыскивается метанол. Далее основная часть газа поступает на турбодетандер ТД, а оставшаяся направляется на эжектор для дожатия газа деэтанализации.

После снижения давления в турбодетандере ТД от 6,4 до 4,0 МПа газ направляется в низкотемпературный сепаратор С-2, где при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$  происходит разделение на газ, конденсат и насыщенный метанол. Газ из сепаратора С-2 поступает в теплообменник Т-1, где нагревается до  $-5-7^{\circ}\text{C}$ , и далее в теплообменники Т-4, Т-8, нагреваясь до температуры  $5-20^{\circ}\text{C}$ , поступает в компрессор К турбодетандерного агрегата ТК и далее в газопровод. Конденсат углеводородов из сепараторов С-1 и С-2 поступает в теплообменник Т-3, где нагревается до температуры  $-50^{\circ}\text{C}$  конденсатом, идущим из первой ступени сепарации, затем дросселируется при давлении 2,6 МПа и с температурой  $-60^{\circ}\text{C}$  подается на верхнюю тарелку колонны К-1 (деэтанализатора). На 10-ю тарелку колонны К-1 с температурой  $-65^{\circ}\text{C}$  поступает конденсат с первой ступени сепарации, предварительно охлажденный в теп-

лообменнике Т-3 и выветренный в разделителе Р-1 после дросселирования до 2,6 МПа.

В колонне К-1 происходит отделение легких компонентов, метанола, этана. Деэтанализованный конденсат после дросселирования в Д-7 до 1,4 МПа поступает в пропан-бутановую колонну К-2. В колонне К-2 происходит разделение на пропан-бутановую фракцию (верх колонны) и стабильный конденсат (низ колонны). Пропан-бутановая фрак-

ция с помощью насоса с температурой  $42^{\circ}\text{C}$  направляется частично на орошение колонны, а частично – на склад готовой продукции СУГ.

Стабильный конденсат с колонны К-2 поступает в теплообменник Т-4, где охлаждается до температуры  $40^{\circ}\text{C}$ , и далее в подпорную емкость, откуда насосами подается в конденсатопровод. Следует отметить, что данная схема реализована практически с полной рекуперацией тепла потоков газа и конденсата, а следовательно – с минимальными энергетическими затратами.

Промышленная эксплуатация на Юльевском НГКМ (рис. 4) установки извлечения СУГ начата в феврале 2004 г. и продолжается по настоящее время без остановки турбодетандерного агрегата НТДА-2,4-6,4-УХЛ4. При давлении газа на входе в установку 7,5-8 МПа и температуре сепарации  $-50 \div -60^{\circ}\text{C}$  выход товарного СУГ составляет 60-63 т/сут., стабильного конденсата 80-85 т/сут.

Все турбодетандерные агрегаты ОАО «Турбогаз» поставляют в блочном исполнении, как, например, показано на рис. 4, в комплекте с маслоохладителем, шкафами КИП и САУ, что существенно сокращает сроки проведения строительных и монтажных работ.



Рис. 5. НТДА-9,0-4,5-У1 на ГКМ Шуртан



Рис. 6. УДЭУ-2500 на ГС «Солоха»

Таблица 2

### Основные технические характеристики установки УДЭУ-2500

Наименование параметра рабочей среды	Значение параметра
Расход газа, млн. м <sup>3</sup> /сут.	3,0-5,5
Давление газа на входе, МПа	5,0-5,5
Температура газа на входе, °С	-4 ÷ -8
Холодопроизводительность, кВт	2760
Давление газа на выходе, МПа	2,7-3,5
Температура газа на выходе, °С	-30 ÷ -20
Мощность на клеммах генератора, кВт	2500
Диапазон мощностей, кВт	1200-2650
Напряжение на клеммах генератора, кВ	Трехфазное, 10,5
Частота переменного тока, Гц	50

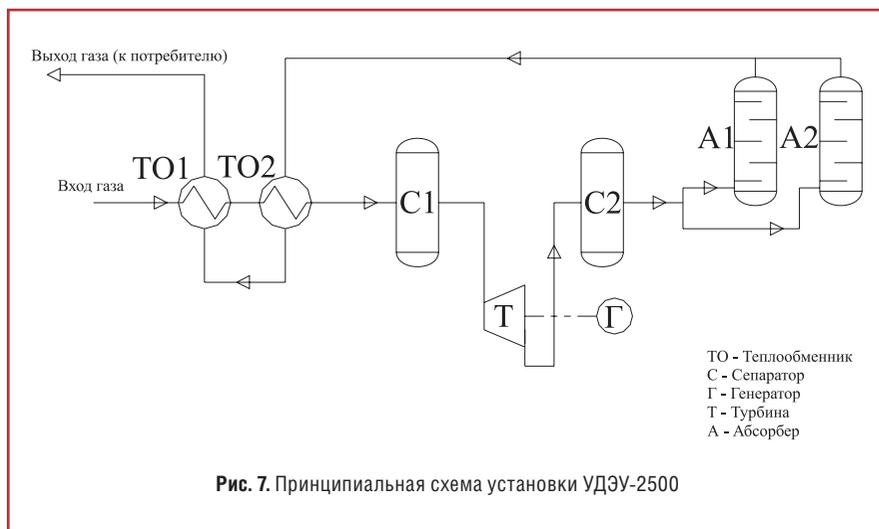


Рис. 7. Принципиальная схема установки УДЭУ-2500

После внедрения ТДА на Юльевском месторождении выход товарного СУГ увеличился в 1,8 раза, а стабильного конденсата – в 2,5 раза.

В 2007 г. на месторождении Шуртан (Республика Узбекистан) введен в эксплуатацию низкотемпературный турбодетандер НТДА-9,0-4,5-У1 с ротором на электромагнитных опорах (рис. 5).

При использовании ТДА выход газового конденсата увеличился в 2,4 раза, товарного СУГ – в 1,8 раза. Вследствие увеличения выхода СУГ и стабильного конденсата срок окупаемости агрегатов составляет полтора года.

Наибольшая рентабельность эксплуатации НТДА выявляется при одновременном производстве электроэнергии и извлечении пропан-бутана.

В настоящее время на ГС «Солоха» ГПУ «Полтавагаздобыча» внедрена уникальная энергетическая установка УДЭУ-2500, мощностью 2500 кВт (рис. 6), предназначенная для получения холода и выработки электроэнергии.

На рис. 7 приведена принципиальная схема установки УДЭУ-2500, в которой газ поступает на охлаждение в два теплообменника ТО1 и ТО2, после чего поступает в турбогенераторный блок ТГ.

Из охлажденного газа до умеренно низких температур (-30°С), благодаря применению в схеме низкотемпературной абсорбции в колонах А1 и А2, извлекается СУГ – 85,95 тыс. т/г, одновременно вырабатывается электроэнергия – 13024,8 тыс. кВт·ч/г.

Основные технические характеристики установки УДЭУ-2500 приведены в табл. 2.

Таким образом, на основании практического опыта в настоящее время с уверенностью можно утверждать, что результаты промышленной эксплуатации подтверждают эффективность применения турбодетандерной техники для решения задач добычи сжиженных компонентов природного газа непосредственно на промыслах.

# Новые модели развития биоэнергетики на службе государственных интересов США

**М.Н. Ермолович,**

член экспертного совета Комитета по энергетике, транспорту и связи Государственной Думы РФ

Недавно в США опубликованы предварительные данные «Annual Energy Outlook 2008». Ежегодные обзоры, которые готовит Агентство энергетической информации (EIA), включают результаты долговременных прогнозов (до 2030 г.) производства и потребления энергии, выполненные на Национальной энергетической модели (NEMS). Данная модель постоянно используется для оценки краткосрочных и долгосрочных перспектив развития энергетики, а также для подготовки ответов на запросы законодательной и исполнительной власти.

**П**олезность таких расчетов подтверждалась неоднократно, так как модель учитывает одновременное воздействие многих факторов. В частности, в августе 2007 г. Агентство подготовило ответ на запрос сенатора США Джеймса Инхофа о последствиях реализации законодательной инициативы «25-by-25», которая предусматривает доведение к 2025 г. доли возобновляемых ресурсов до 25% при выработке электроэнергии и в составе жидкого моторного топлива.

Стандарты потребления возобновляемой энергии и топлива (RPS и RFS соответственно) установлены федеральными законами и законами штатов. Законодатели США, особенно после активной пропаганды Президентом США преимуществ возобновляемой энергетики, проявляют высокую активность, соревнуясь в обосновании увеличения значений упомянутых энергетических стандартов. Перевод данной проблемы в область интересов бизнеса достигается, как известно, существенной бюджетной и административной поддержкой, что для рыночной экономики бесследно не проходит.

Ежегодное использование моторного биоэтанола по расчетам энергетиков к 2030 г. должно составить 15,7 млрд. галл., а по предложению законодателей – 65,6 млрд.

галл. При этом из целлюлозы законодатели предлагают получать 31,3 млрд. галл., в то время как энергетики считают возможным получение лишь 0,25 млрд. галл. Остальной объем моторного этанола будет изготавливаться из кукурузы. Значительное вовлечение (по предложению законодателей) в производство биоэтанола целлюлозы вызовет повышение цены на биомассу по сравнению с 2005 г. в 5,5 раза, в то время как по более скромному сценарию энергетиков – всего лишь в 1,6 раза. Рост цен на кукурузу ожидается в 1,38 раза (энергетики) и в 2,7 раза (законодатели).

Объем производства кукурузы примерно одинаков в обоих случаях, но на этанол в случае реализации инициативы законодателей будет расходоваться не менее 60% всего ее урожая, а при умеренном сценарии энергетиков только 30%. Кроме того, сценарий законодателей сделает США нетто-импортером кукурузы (1561 млн. бушелей в год). Сценарий энергетиков оставит для экспорта 2099 млн. бушелей в год. Инициатива законодателей, по оценке EIA, в 2030 г. приведет к увеличению инфляции, росту безработицы, увеличению федеральной процентной ставки, росту потребительских цен, в том числе и на моторное топливо.

Что же в активе? Немного снизится объем выбросов двуоксида углерода и окислов азота. Альтернативного топлива не получается. Лишь слегка разнообразится автомобильное топливное меню.

Другой запрос Агентству от 31.10.2007 г. сделал Конгресс США в связи с рассмотрением законопроекта H.R. 3221. Законодатели интересовали изменение расходов домохозяйств на энергоснабжение при увеличении до 15% обязательной закупки электроэнергии от генераторов, использующих возобновляемые энергоносители.

Ответ, в частности, содержит информацию о доходе от реализации газа и нефти, включая их переработку. При валовом доходе (2006 г.) 192,616 млрд. долл. США налоги составили 69,287 млрд. долл. США, то есть почти 36%. Очевидно, государство откажется от этих поступлений только в том случае, если компенсирует потери другими налоговыми поступлениями или уменьшением бюджетных расходов.

Евросоюз, где эти налоги гораздо выше, чем в США, без крайней необходимости не станет за счет своего бюджета обеспечивать прибыли от экспорта биоэтанола российскими производителями. Ведь один из краеугольных камней европейской энергетической политики – это уменьшение зависимости от импорта энергоносителей из России.

Согласно прогнозам EIA, в ближайшие десятилетия быстрее всего будет расти потребление жидкого топлива, причем, прежде всего, в секторе транспорта. Нетто-импорт нефти США возрастет. В 2008 г. Саудовская Аравия увеличит добычу нефти примерно на 1,5 млн. баррелей в день. Наибольший прирост добычи нефти в мире обеспечат (без стран ОПЕК) Бразилия, Азербайджан, Россия, Канада, США. Второй эшелон стран быстрорастущей нефтедобычи составят

Вьетнам, Казахстан, Судан, Индия. Добыча нефти в Северном море будет сокращаться.

Прогноз EIA 2008 г. потребления жидкого топлива в США на 2030 г. по сравнению с прогнозом, выполненным в 2007 г., скорректирован в сторону уменьшения почти на 8%. Доля неконвенционального жидкого топлива – 5,7%, биотоплива в нем около 39%. С одной стороны, 2-3% от объема потребляемой нефти для биотоплива может считаться крайне малой величиной, однако, следует заметить, что при производстве топлива для военной авиации полезный выход составляет всего лишь 3% от объема переработанной нефти (8,5% – при производстве всего авиационного топлива).

Если годовое производство биоэтанола в 2030 г. прогнозируется в объеме 1,43 QVtu, то объем топлива, закупаемого для Министерства обороны США, – 0,78 QVtu. Общий объем биоэтанола, запланированный к производству (и поддержанный го-

сударством) до 2027 г., соответствует объему нефти, которую необходимо закупить в стратегический нефтяной резерв для его расширения до 1,5 млрд. барр., и объему, который в этот период предполагает закупить правительство США для Министерства обороны. Сюда можно добавить экономию бюджетных средств вследствие сокращения компенсаций фермерам за перепроизводство сельскохозяйственной продукции.

Законодатели, предлагающие более высокие стандарты потребления возобновляемых энергоносителей, выходят за пределы «государственного интереса» и вряд ли могут рассчитывать на дополнительную бюджетную поддержку своих инициатив.

Это информация к серьезному размышлению при формировании концепции и стратегии развития российской биоэнергетики в части производства жидкого топлива из сельскохозяйственной продукции.

«Государственный интерес» российской топливной биоэнергети-

ки может заключаться в создании территориально распределенного топливного резерва в объеме 3-4% общего потребления жидкого топлива. Этот резерв может эффективно обращаться в виде «казенного топлива» в сфере государственного и муниципального потребления, где уместны административные регуляторы производства, закупок и потребления.

Топливо с биологическими добавками может стать своеобразным «крашеным» топливом, позволяющим отличать его от топлива, обращающегося на широком потребительском рынке. Дополнительно, для эффективного производства биотоплива на экспорт, может быть приспособлен механизм особых экономических (сельскохозяйственных) зон.

Существуют и другие варианты развития топливной биоэнергетики, но с помощью каких моделей и при участии каких агентств мы обсчитаем наши долговременные прогнозы?

## Новости из-за рубежа

### Создана Газомоторная ассоциация Европы

30 января 2008 г. в Мадридском отделе компании «Ivesco» состоялось первое – организационное – заседание Газомоторной ассоциации Европы (Natural Gas Vehicle Association Europe – NGVA Europe). Как ранее сообщалось, новая ассоциация создана вместо ранее ликвидированной Европейской газомоторной ассоциации (ENGVA).

NGVA Europe зарегистрирована в Великобритании, где и будет находиться финансово-ревизионный офис ассоциации. Работа с членами ассоциации и взаимодействие с другими организациями в 2008-2010 гг. будет вестись из испанского офиса. Там начнут работу генеральный секретарь, менеджер и ассистент. В NGVA Europe уже созданы три комитета: технический, маркетинговый и по связям с общественностью. Исполняющим обязанности Президента ассоциации (до выборов) назначен Питер Бойзен.

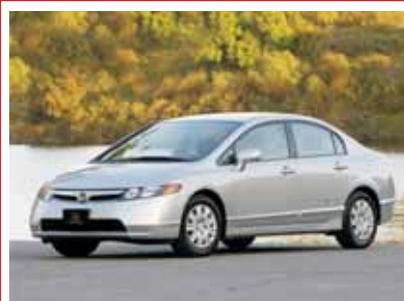
### США: Самый экологичный автомобиль

Самым «зеленым» на планете портал Money CNN признал метановую модель «Honda Civic GX». Это самый экономичный автомобиль: расход топлива составляет примерно 7 м<sup>3</sup> КПГ на 100 км пробега. Стоимость этой модели в США составляет 24,6 тыс. долл. Компания «Хонда» проводит рекламную кампанию и бесплатно предоставляет покупателям газовой модификации индивидуальное газо-заправочное устройство. Эту рекламную схему придумали во Франции.

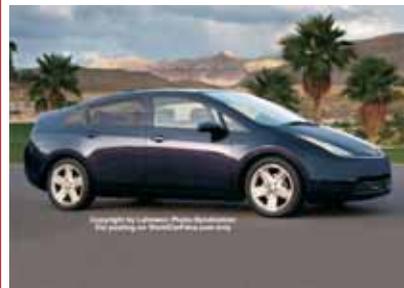
В тройку самых «чистых» вошли также автомобиль «Toyota Prius» и смарткар «Smart ForTwo». К этому списку вскоре, возможно, присоединится «Mazda 6». В рамках женеvского автосалона состоится европейский дебют новых «родственников» седана «Mazda 6» – автомобилей «шестого

семейства, выполненных с кузовами «универсал» и «хэтчбек». Европейские покупатели смогут приобрести эти модели, укомплектованные газовым двигателем объемом 2,5 л и мощностью 168 л.с. Покупателям в других частях света придется довольствоваться автомобилями с новым двухлитровым дизелем с турбонаддувом мощностью 138 л.с.

*Money CNN, Japancar*



«Honda Civic GX»



«Toyota Prius 2008»



«Smart ForTwo»



«Mazda 6»

### Индия: Метановые автобусы для Игр Содружества

Транспортная корпорация Дели (Индия) объявила тендер на поставку 3,5 тыс. автобусов с газовыми двигателями. Так компания готовится к Играм Содружества – 2010. Конкурс проводится по двум направлениям: закупка 2,5 тыс. автобусов без кондиционеров и тысячи автобусов, оборудованных системами вентиляции.

Новый транспорт будет работать на сжиженном природном газе (СПГ). Сроки поставки варьируются от полугода до 18 месяцев с момента получения извещения о принятии оферты. 5.03.2008 г. истекает срок подачи заявок на тысячу автобусов без кондиционеров. До 25.03.2008 г. можно подать документы на участие в тендере на поставку еще полутора тысяч таких машин, а также тысячи автобусов с системой вентиляции.

Пристальное внимание на природный газ обратили и индийские автопроизводители. В конце прошлого года канадская компания «AFS» получила заказ от индийской компании «TATA Motors».

Компания «Alternative Fuel Systems» будет разрабатывать и производить системы контроля газовых двигателей. Это оборудование установят на двух новых моделях автомобилей от крупнейшего автопроизводителя Индии.

Партнер «AFS» в этом государстве, предприятие «Advantek Fuel Systems Pvt. Ltd.» (Advantek), займется поставками других компонентов топливной системы для «TATA Motors».

Канадское оборудование будет применяться в новой модели пикапа «Xenon» с четырехцилиндровым двигателем, работающим на СПГ. Эту партию автомобилей планируют выпустить в первом полугодии 2008 г.

Системы контроля компании «AFS» также установят на автофургоне «Winger». Это еще один проект «Tata Motors». Автомобиль так же, как и новый пикап «Xenon», будет работать на

СПГ. Первые автофургоны «Winger» должны сойти с конвейера ближе ко второму полугодю 2008 г.

*GNV Magazine*

### **Великобритания: Станет ли биогаз полноправным топливом?**

Сразу три крупные британские организации начали активно лоббировать применение возобновляемого газа. Ассоциации газовой промышленности, газомоторного транспорта и возобновляемой энергии хотят «уровнять в правах» биометан и электричество.

На сегодняшний день в Великобритании производится  $24 \cdot 10^{18}$  Вт·ч биогаза. На 65% он состоит из метана и на 35% из диоксида углерода. Источники биогаза – мусор и сточные воды. Правда, после переработки к потребителю попадают только 35% энергии, полученной от сточных вод, и всего 25% от сжигания мусора. Можно представить, какое количество энергии уходит в атмосферу при каждом подключении к энергосистеме.

Решением этой проблемы могут стать специально построенные анаэробные комплексы для переработки пищевых, сельскохозяйственных и других отходов. С 2005 по 2006 гг. были построены шесть таких заводов. Это увеличило объемы производства энергии на 100%. Строительство еще двух подобных предприятий начато в 2007 г. Все новые комплексы соединены трубопроводом.

Но у биогаза в Великобритании есть и проблемы. Во-первых, финансовые. Вроде бы в трубопроводную систему биогаз принимают с распротертыми объятиями, но при этом не снижают пошлину за доступ в общую систему газораспределения. Кроме того, по европейским стандартам «сырой» биогаз должен быть очищен от влаги и примесей, обогащен и избавлен от неприятного запаха.

На сегодня производители биогаза не могут рассчитывать на финансо-

вую помощь правительства. Этот вид топлива не включен в список возобновляемых источников энергии, которые пользуются льготами. Возможно, ситуация скоро изменится. В январе 2008 г. в правительстве Великобритании была создана специальная комиссия для рассмотрения этого вопроса.

В Европе биогаз уже начали подавать в общую газопроводную сеть. Каждый год его объемы возрастают на 25%. Особенно это развито в Швеции, Швейцарии, Австрии, Германии и Нидерландах.

Почему биогаз так необходим? Во-первых, потребитель получает экологически чистое топливо. Во-вторых, в этом случае отходы не складываются, а перерабатываются. В-третьих, снижается зависимость страны от импорта природного газа.

*MD CNG Services*

### **Чехия: Чиновники пересядут на метановые автомобили**

В скором времени все чешские чиновники будут ездить на автомобилях, работающих на КПГ. Предполагается, что до 2014 г. 5 тыс. автомобилей госадминистрации Чехии должны перейти на экологически чистый КПГ. Два года назад правительство Чехии и газовые компании страны подписали договор о сотрудничестве.

Это соглашение – часть национальной программы по борьбе с выбросами диоксида углерода в атмосферу, которая была принята в июне 2007 г. Кроме государственного транспорта, по плану на КПГ переводят автомобили, предназначенные для чистки улиц и сбора мусора.

Также нововведения коснутся общественного транспорта. Правда, частным автовладельцам, добровольно сменившим бензин на природный газ, на государственную поддержку рассчитывать не приходится. Никаких грантов и льгот в государственной программе не предусмотрено.

*Interfax*

### **Малайзия: Заседание РК 5 МГС**

18-23.02.2008 г. в Куала-Лумпуре и Пенанге (Малайзия) состоялось очередное заседание рабочего комитета 5 «Использование газа» Международного газового союза (МГС). В составе комитета работает исследовательская группа 5.3, рассматривающая проблемы развития мирового рынка КПГ в качестве моторного топлива. Как известно, деятельность МГС осуществляется по трехлетним программам. В соответствии с планом работы на 2006-2009 гг. исследовательская группа 5.3 должна подготовить модель развития мирового газомоторного рынка до 2030 г.



Сколько автомобилей и других транспортных средств будут использовать КПП в качестве моторного топлива, сколько АГНКС и какого типа будут их заправлять, какое количество природного газа они будут потреблять – на эти и другие вопросы должны дать ответы эксперты МГС.

Группа 5.3 также обсудила перенос тем для докладов на очередном Международном газовом конгрессе в Буэнос-Айресе (Аргентина) в октябре 2009 г. В работе рабочего комитета 5 приняла участие делегация представителей администрации ОАО «Газпром», ООО «ВНИИГАЗ» и ОАО «Промгаз» (на снимке). О газомоторном рынке Малайзии читайте материал в следующем номере нашего журнала.

НГА

### **Компания «Dresser Wayne» начала производить ТРК для отпуски альтернативных видов топлива**

Европейский производитель оборудования для АЗС компания «Dresser Wayne» представила новую топливораздаточную колонку (ТРК) «Global Star Flexi» для отпуски альтернативных видов топлива, таких как биоэтанол, биодизель, СУГ и КПП. Об этом говорится в сообщении компании. Помимо «зеленых» видов топлива, новая колонка имеет возможность отпуски традиционных видов топлива. Компания «Dresser Wayne» уже начала производить новые колонки.

Европейские производители продолжают развивать рынок альтернативных видов моторного топлива. Напомним, что этой осенью чешская компания «Adamov-Systems» выпустила на рынок модуль для отпуски КПП. Таким оборудованием может быть оснащена любая ТРК серии V-line. Модуль имеет антивандальное исполнение и может быть установлен, помимо прочего, и в мультипродуктовые колонки.

Еще один производитель – компания «Gilbarco Veeder-Root» – в ноябре прошлого года представила первую в

мире колонку для отпуски водорода в баки автомобилей. Оборудование предлагается, в первую очередь, для рынка США, так как правительство этой страны в ближайшие годы намеревается инвестировать в развитие использования водорода в качестве автомобильного топлива 1,7 млн. долл. США.

[http://au98.ru/m/187583/dresser\\_wayne\\_nachal\\_proizvodity\\_trk\\_dlya\\_otpuska\\_alyternativ.html?yandex](http://au98.ru/m/187583/dresser_wayne_nachal_proizvodity_trk_dlya_otpuska_alyternativ.html?yandex)

### **Компания «Hyundai» выпустит гибридный автомобиль**

Корейская компания «Hyundai» собирается в 2009 г. начать выпуск гибридных автомобилей. Ожидается, что первый гибрид будет построен на базе модели «Elantra» и появится в продаже только на американском рынке.

Особенностью первого серийного гибридного автомобиля компании «Hyundai» станет его силовой агрегат, совмещающий в себе двигатель, работающий на сжиженном газе, и мощный электромотор.

[http://www.avto.ru/news/news\\_7032.html](http://www.avto.ru/news/news_7032.html)

### **В Крыму будет новая сеть газовых заправок**

Сумская фирма «Эко-Газ-Украина» намерена построить в Крыму 5-7 автомобильных газозаправочных станций. Об этом сообщил директор «Эко-Газ-Украина» В.Букин.

По его информации, первый газовый автозаправочный комплекс будет построен в Джанкое в ближайшие два года, ориентировочная стоимость объекта составит 1 млн. долл. США. «Строительство газовых заправок достаточно капиталоемкое, но мы готовы на серьезные финансовые вложения ради развития сети», – отметил В.Букин.

Директор фирмы проинформировал, что «Эко-Газ-Украина» планирует предложить крымским автомобилистам систему кредитования на переоборудование автомобилей для работы на газовом топливе. «В будущем все больше крымских автомобилист-

тов будут переходить на газ, – уверен В.Букин. – Это объясняется просто: ездить на газе втрое выгодней, чем на бензине». По его данным, переоборудование легкового автомобиля для работы на газовом топливе стоит примерно 5 тыс. гривен. Глава фирмы «Эко-Газ-Украина» также отметил, что экономия средств при переходе на газовое топливо фактически покрывает затраты автовладельцев на выплату кредита и процентов по нему.

В.Букин сообщил также, что сеть газозаправочных станций в Крыму компания «Эко-Газ-Украина» планирует построить в течение трех-пяти лет. Всего фирма намерена построить на Украине 50 АГЗК.

Напомним, ранее фирма «Эко-Газ-Украина» была признана победителем конкурса на право аренды земельного участка площадью 1 га, расположенного в Джанкое близ автодороги Красноперекопск–Джанкой–Феодосия–Керчь. Целевое назначение данного земельного участка – строительство объектов автосервиса и круглосуточной автостоянки открытого типа для большегрузных автомобилей. Кроме того, победитель конкурса собирается построить здесь АГНКС, пункт по установке и сервисному обслуживанию газобаллонного оборудования, а также кафе и гостиницу.

Агентство «Контекст-медиа»

### **В Иране строятся 600 газозаправочных станций**

По сообщению ИРНА со ссылкой на данные Компании по рациональному потреблению топлива в стране, в настоящее время в различных городах Ирана введены в эксплуатацию более 300 газозаправочных станций, где в качестве автомобильного топлива предлагается компримированный природный газ (КПП). При этом еще 100 таких станций находятся в стадии готовности и 600 станций – в стадии строительства.

В сообщении также отмечается, что в настоящее время эта компания принимает участие в проектах строительства заводов по производству автомобильных газовых баллонов,

комплектов специального газового оборудования автомобилей и национального газового автомобильного двигателя.

[http://iran.ru/rus/news\\_iran.php?act=news\\_by\\_id&news\\_id=49407](http://iran.ru/rus/news_iran.php?act=news_by_id&news_id=49407)

### **Компания «Volkswagen» выпустит автомобиль «Passat» с мотором на СПГ**

В следующем году компания «Volkswagen» планирует запустить в серийное производство новую модификацию модели автомобиля «Passat». Генеральный директор подразделения «Volkswagen Individual» Райнер Мангольд (Reiner Mangold) отметил, что это будет автомобиль, который получит первый в мире турбированный двигатель, способный работать как на обычном бензине, так и на сжиженном природном газе. По его словам, «Passat» в новой версии получит 1,4-литровый двигатель TSI мощностью около 150 л. с.

Р.Мангольд также отметил, что новый «Passat» позволит автовладельцу значительно сократить расходы на топливо, потому что в Германии стоимость литра сжиженного природного газа составляет 0,9 евро, а за литр обычного бензина придется заплатить около 1,35 евро.

<http://auto.lenta.ru/news/2007/12/18/vwcnng/>

### **11-я Международная выставка и конференция в Бразилии**

С 3 по 5 июня 2008 г. в Рио-де-Жанейро состоится 11-я Международная конференция Международной газомоторной ассоциации (IANGV) по использованию природного газа в качестве моторного топлива. На долю Латинской Америки приходится практически половина мирового парка автомобилей, работающих на КПГ: 3,6 млн. из 7,3 млн. ед.

Это метановое чудо обеспечивают предприятия практически только двух стран: Аргентины и Бразилии. Подавляющее большинство крупнейших компаний, выпускающих газобаллонное и газозаправочное обо-

рудование, имеет тут свои филиалы и представительства.

Дополнительная информация на сайте конференции: **www.NGV2008.com.br.**

*Международное Информационное  
Агентство Метан-Инфо  
Зарубежные газомоторные новости № 2 (51) 2008 г.*

### **Разработан новый катализатор**

Швейцарский федеральный научно-исследовательский институт тестирования материалов (EMPA), совместно с компаниями «Volkswagen» и «Umicore», разработал новый катализатор, который предназначен специально для двигателей, работающих на природном газе. Компании заявляют, что новый катализатор снижает уровень выбросов NO<sub>x</sub> приблизительно на 50%, тогда как цена его ниже, поскольку в нем используются менее дорогие материалы, чем в существующих моделях.

Катализатор был протестирован на трех автомобилях. Один из них – «Volkswagen Touran Ecofuel» – был продемонстрирован на шоу автомобилей в Цюрихе (Швейцария).

*«Нефтепродукты» (Киев)*

### **Автозаправка на дому**

По дорогам Северной Америки ездят около 200 тыс. автомобилей, работающих на КПГ. Газ дешевле бензина и дает гораздо меньше вредных выбросов. Однако газовых заправок недостаточно, и, заправившись раз, автомобиль проезжает всего около 300 км.

Канадская фирма «Fuelmaker» разработала установку размером с маленький холодильник, которая подключается к домашней газовой сети и обычной электророзетке. Установка повышает бытовое давление газа (порядка двух атмосфер) до пригодного для заправки баллона в 200-250 атм. Для того, чтобы проехать два раза по 8 км (это типичное расстояние, которое средний американец преодолевает, направляясь на работу), надо

качать газ в течение получаса, а за ночь можно заправиться и для более дальней поездки.

Сейчас на газе в Северной Америке работают в основном такси и микроавтобусы, а создание домашней заправки, как надеется фирма, будет стимулировать частных автовладельцев переходить на это топливо. Газа хватит, даже если на него переведут 10 млн. автомобилей, это повысит расход газа в Северной Америке всего на 5%.

[http://www.energyland.info/news/2008/01/23/news\\_2713/](http://www.energyland.info/news/2008/01/23/news_2713/)

### **Семь самых необычных автомобилей на альтернативном топливе**

В нынешней ситуации, когда цены на нефть постоянно растут, почти все автопроизводители создают модели с нестандартными экологичными двигателями. Сайт **AutoNews.ua** опубликовал список самых необычных автомобилей, силовые агрегаты которых работают на альтернативном топливе.

Первый в этом списке четырехместный кроссовер «Chrysler eSoYouager», отличающийся высокими аэродинамическими показателями. Под капотом у него стоит силовая установка в виде электромотора, работающего на литиево-ионных аккумуляторах, и маленький вспомогательный водородный двигатель. Одного заряда хватает на 483 км пути, а максимальная скорость, которую может развить этот автомобиль, составляет 185 км/ч.

Далее идет стильный концепт от компании «General Motors» – гибрид «Chevrolet Volt». Его двигатель представляет собой трехцилиндровый мотор с турбонаддувом объемом 1 л и мощностью 71 л.с. Особенность его заключается в том, что он никак не связан с колесами, а предназначен лишь для того, чтобы крутить вал генератора, который, в свою очередь, приводит в действие электромотор. Максимальная скорость этого гибрида составляет 193 км/ч, а до 100 км/ч он разгоняется за 8,5 с. Расход

топлива при этом равен всего 1,57 л на 100 км пути.

Также в список попал и концепт «Mazda Ryuga», отличающийся своим футуристическим дизайном, напоминающим космический корабль. Двигатель этого автомобиля работает на биотопливе E85, который обеспечивает как хорошие ходовые характеристики, так и неплохие экологические показатели.

Незамеченным не остался и «BMW H2R» на водородном двигателе, разработанный на основе бензинового силового агрегата от «BMW 760i». Шестилитровый двигатель мощностью 285 л.с. позволяет автомобилю разгоняться до 100 км/ч за 6 с, а максимально возможная скорость, которой сможет достичь концепт, составляет 302 км/ч. В серийное производство H2R пока не вошел.

Созданный в японском университете «Keio» электромобиль под названием «Eliisa» внешне напоминает большого жука и способен развить скорость до 370 км/ч, при этом до 100 км/ч он разгоняется за 4 с. Достичь таких высоких для электрических авто показателей стало возможным, благодаря восьми двигателям, встроенным в колеса автомобиля, мощность каждого из которых равна 100 л.с.

Шестым в списке значится представленный в 2007 г. в Токио автомобиль «Nissan Pivo 2», способный разворачивать колеса на 90°, что очень удобно при парковке в любом месте, а верхняя часть этого концепткара может вращаться на 360°. В самом автомобиле установлена так называемая «голова» робота, с помощью которой автомобиль общается с водителем.

И последним, вошедшим в список самых необычных автомобилей на альтернативном топливе, стал прототип «Aptera». Его двигатель расходует 1 л топлива на 100 км пути и позволяет развить максимальную скорость в 88,5 км/ч.

<http://auto.newsru.com/article/25jan2008/alter-toplivo>

### Компания «Subaru» оснастила свои модели газобаллонным оборудованием

В ожидании европейской премьеры нового поколения своих автомобилей компания «Subaru» решила привлечь внимание к предшественнику.

Теперь западноевропейские покупатели смогут приобрести модели «Forester», «Legacy» и «Outback», оснащенные газобаллонным оборудованием. Подобные версии обойдутся на 2500 евро дороже, однако позволят сократить расходы на топливо примерно на 40%.

Кроме того, владельцы газобаллонных автомобилей в большинстве европейских стран пользуются различными льготами, в том числе налоговыми.

<http://www.autocentre.ua/content/view/10593/2/>

### Компания «Mercedes» выпустит в продажу автомобиль класса В

Компания «Mercedes» вскоре выпустит в продажу новый автомобиль класса В «B170 NGT» – первую компактную модель, работающую на природном газе (другая такая модель – «E 200»). Автомобиль, который поступит в продажу в июне 2008 г., имеет двигатель мощностью 112 л.с., использующий 4,9 кг природного газа для пробега 100 км, что эквивалентно 7,4 л бензина (около 32 м/г). С таким топливом он произведет выброс углекислого газа в атмосферу, равный всего 135 г/км. Салон модели «B170 NGT» может иметь отделку любого уровня, кроме уровня «спорт».

Крупнейшая газовая компания Германии «Erdgas» продвигает на рынок автомобили на СПГ, способствуя строительству заправочных станций на территории страны. Другой интересной инициативой является то, что в ближайшем будущем СПГ будет содержать 10%-ную биогазовую смесь, состоящую из органических отходов и/или компоста.

«Нефтепродукты» (Киев)

### Грузовик «Kenworth T800» с двигателем на СПГ

Компания «Kenworth Truck Company» (США) расширит свое присутствие на растущем рынке экологичных автомобилей, работающих на СПГ, запустив в производство грузовики «Kenworth T800 LNG» на заводе в Рентоне (штат Вашингтон) уже в следующем году.

«Kenworth T800» – один из наиболее универсальных грузовиков на современном рынке. Универсальность применения, помноженная на высокую надежность, обеспечивает грузовику беспрецедентное признание покупателей.

Двигатель «Westport» работает на СПГ – надежном, экономичном малоуглеродистом топливе с низким уровнем выбросов. Топливная система может иметь 400 и 450 л.с.

Топливные баки для СПГ могут быть изготовлены в соответствии с требованиями покупателя. Грузовики подлежат федеральным налоговым льготам в США и другим льготам, имеющимся в конкретном государстве.

В рамках эксклюзивного соглашения с компанией «Westport Innovations Inc.» компания «Kenworth» будет использовать технологию топливных систем для СПГ «Westport», адаптированную для двигателя Cummins ISX на 15 л.

«Kenworth Truck Company», подразделение компании «PACCAR Inc», является ведущим производителем грузовиков большой и средней грузоподъемности. Компания «Kenworth» стала лауреатом награды «J.D. Power and Associates 2007» за наивысшее признание покупателями междугородных, городских, торговых и профессиональных грузовиков класса 8.

<http://news.gruzoviki.com/892.html>

### Боинг-747 полетит на биотопливе

Компания «Virgin Atlantic» заявила, что один из ее Боингов-747 совершит демонстрационный рейс из Лондона в Амстердам на биотопливе в ближайшем будущем.

Председатель правления компании «Virgin Atlantic» Ричард Бренсон сказал, что этот тестовый рейс (без пассажиров) станет очередным шагом в сторону реализации программы по сокращению количества вредных выбросов в атмосферу, возникающих при неполном сгорании углеродистых веществ, используемых в авиации.

В 2006 г. Р. Бренсон, владелец всей компании «Virgin», создал отдел, занимающийся разработкой альтернативного топлива. В прошлом году компания запустила пассажирский поезд на биотопливе. Личный фонд Р.Бренсона «Virgin Green Fund» инвестирует миллионы долларов в разработку и совершенствование биотоплива.

<http://www.destinations.ru/news/?id=805>

### **Япония будет выпускать биотопливо из морских водорослей**

Правительство Японии планирует в целях решения проблемы нехватки собственных энергетических ресурсов наладить в ближайшие годы промышленное производство биотоплива из морских водорослей.

Проект поручено курировать Управлению водных ресурсов страны, непосредственной разработкой и внедрением технологий займется комплексный НИИ корпорации «Mitsubishi» и два крупных центра по изучению проблем моря в Токио и Киото. На исследования в текущем финансовом году, который начинается в Японии с 1 апреля 2008 г., уже выделено 60 млн. иен.

Использование для получения биоэтанола морских водорослей, запасы которых у побережья Японии весьма внушительны, считают инициаторы проекта, более выгодно в сравнении с кукурузой и другими злаковыми культурами. К тому же начавшаяся из-за повышения стоимости нефти переработка этих культур в биотопливо уже привела к бурному росту цен на зерно на мировых рынках. При этом весьма популярные в японской кулинарии виды морской капусты «комбу» и «вакамэ» будут исключены из производственного процесса.

Для постоянного пополнения сырьевой базы в новом производстве планируется создать широкую сеть крупных плантаций вдоль всего побережья Японского моря и выращивать на них непригодные для пищи быстрорастущие водоросли. Программа исследований рассчитана на 5 лет, за этот период предполагается создать необходимые технологии, чтобы перейти к промышленному производству.

Японские специалисты считают новый проект весьма перспективным. При его утверждении в кабинете министров учитывалось и то, что в декабре минувшего года англо-голландский нефтяной концерн «Royal Dutch Shell» уже объявил о планах строительства подобного экспериментального предприятия на Гавайских островах.

<http://www.ngv.ru/shownews.aspx?newsID=101151>

### **Экономика нефти и биогорючего**

В Соединенных Штатах Америки и других странах с развитой экономикой индустрию этанола искусственно поддерживают с помощью правительственных субсидий, квот на производство и налоговых кредитов. Высокие цены на нефть в последние несколько лет сделали этанол конкурентоспособным, но правительство США продолжает масштабно субсидировать фермеров, выращивающих кукурузу, и производителей этанола.

Прямые субсидии на кукурузу в 2005 г. составили 8,9 млрд. долл. США. Несмотря на снижение этих выплат в 2006-2007 гг. по причине высоких цен на кукурузу скоро их могут затмить сверхщедрые налоговые льготы, гранты и правительственные займы, предусмотренные пакетом законов об энергетике, принятым в 2005 г., и готовящимся законом о фермерстве, который направлен на поддержку производителей этанола. Федеральное правительство уже предоставляет производителям этанола налоговую скидку в 0,51 долл. США на галлон произведенного этанола, а многие штаты платят еще и дополнительные субсидии.

Предполагалось, что потребление этанола в США превысит в 2006 г. 6 млрд. галлонов (потребление биодизеля – примерно 250 млн. галлонов.) В 2005 г. правительство США постановило, что необходимо довести потребление биотоплива к 2012 г. до 7,5 млрд. галлонов в год. В начале 2007 г. 37 губернаторов предложили поднять эту цифру до 12 млрд. галлонов к 2010 г., а в январе того же года президент Джордж Буш повысил ее еще – до 35 млрд. галлонов к 2010 г. Шесть млрд. галлонов этанола ежегодно необходимы для замены присадки к топливу, известной как МТБЭ (метилтретбутиловый эфир), которую снимают с производства в связи с ее загрязняющим воздействием на грунтовые воды.

Европейская комиссия использует законодательные меры и директивы для пропаганды биодизеля, который в Европе в основном производят из семян рапса и подсолнечника. В 2005 г. Евросоюз произвел 890 млн. галлонов биодизеля, что составляет более 80% общемирового производства. Посредством прямых и косвенных субсидий общая сельскохозяйственная политика ЕС также содействует производству этанола из смеси сахарной свеклы и пшеницы. Брюссель добивается того, чтобы к 2010 г. биотопливо составляло 5,75% всего автомобильного горючего, потребленного в странах Европейского союза, а к 2020 г. – 10 %.

Бразилия, которая на сегодняшний день приблизительно сравнялась по производству этанола с Соединенными Штатами, получает почти весь этанол из сахарного тростника. Как и США, Бразилия начала поиск альтернативных источников энергии в середине 70-х гг. прошлого века. Правительство страны предлагало стимулы, задавало технические стандарты, инвестировало в поддерживающие технологии и продвижение на рынке. Оно распорядилось довести к 2008 г. содержание биодизеля в дизельном топливе до 2%, а к 2011 г. – до 5%. Перед автомобильной промышленностью была поставлена задача наладить выпуск двигателей,

способных работать на биотопливе, также была разработана широкомащтабная стратегия по развитию промышленности и землепользования в целях продвижения биогорючего. Движение ширится и за счет других стран. Под посадки пальм, пригодных для производства биодизеля, расчищаются и выжигаются обширные территории тропических лесов в Юго-Восточной Азии.

Эта тенденция набирает обороты. Ведь, несмотря на недавний спад, многие эксперты предсказывают, что цена на сырую нефть долго останется высокой. Спрос на нефть по-прежнему растет быстрее, чем предложение. Что же касается новых источников нефти, то их эксплуатация нередко обходится слишком дорого или они находятся в политически нестабильных регионах.

В соответствии с последним прогнозом Администрации энергетической информации США, с 2003 по 2030 гг. мировое потребление энергии вырастет на 71%, при этом спрос в развивающихся странах, в частности в Китае и Индии, к 2015 г. превысит спрос в странах, являющихся членами ОЭСР.

Это будет постоянно подстегивать цены на нефть, что позволит производителям этанола и биодизеля устанавливать значительно более высокую цену на кукурузу и семена масличных культур, чем можно было себе представить еще несколько лет назад. Чем выше окажутся цены на нефть, тем выше поднимутся цены на этанол, оставаясь при этом конкурентоспособными, и тем больше производители этанола будут готовы платить за кукурузу. Если цена на нефть вырастет до 80 долл. США за баррель, производители этанола будут с легкостью платить за бушель кукурузы дороже пяти долларов.

При столь высоких ценах на сырье увлечение биогорючим приведет к тому, что остальные сегменты сельскохозяйственного сектора подвергнутся серьезному прессингу. Фактически это происходит уже сейчас. Рост биотопливной отрасли США стимулировал не только скачок цен на кукурузу, семена масличных культур

и других зерновых, но и на, казалось бы, не связанные с ней сельскохозяйственные культуры и продукты.

Занятие посевных площадей под кукурузу, идущую на производство этанола, не способствует развитию других культур. Производители пищевых продуктов, которые используют такие культуры как горох и сладкая кукуруза, вынуждены платить более высокие цены за обеспечение поставок, а эти расходы в итоге придется покрывать потребителям. Повышение цен на корма ударяет также по животноводству и птицеводству. Как считает Вернон Эйдмен, почетный профессор управления агробизнесом из Миннесотского Университета, повышение стоимости кормов резко снизило доходность, особенно в секторе птицеводства и свиноводства. Если эта тенденция сохранится, то сократится и производство, а цены на курятину, индюшатину, свинину, молоко и яйца вырастут. Ряд производителей свинины в штате Айова может разориться уже в ближайшие годы, поскольку им придется конкурировать с этаноловыми заводами за поставки кукурузы.

Сторонники этанола на основе кукурузы утверждают, что удовлетворить растущий спрос на данный продукт можно путем увеличения посевных площадей и повышения урожайности. Но урожайность кукурузы в США в последние десять лет ежегодно повышалась менее чем на 2%, и даже увеличение показателя вдвое не способно удовлетворить сегодняшние потребности. По мере того, как будут расширяться площади посева кукурузы, придется изымать землю, предназначенную для возделывания других культур, или засеять экологически уязвимые территории, например, те, что находятся под охраной Программы восстановительной консервации сильноэродированных земель Министерства сельского хозяйства США.

Помимо этих фундаментальных факторов, спекулятивное давление привело к «мании биотоплива»: цены растут, потому что многие покупатели уверены в их дальнейшем росте. Из-за «мании биотоплива» без огляд-

ки на очевидные последствия реквизируются зерновые запасы. Мания, по-видимому, обладает такими мощными средствами воздействия, как, в частности, энтузиазм автолюбителей по поводу больших, расходующих много горючего, автомобилей, а также угрызения совести в связи с экологическими последствиями использования нефтяного горючего. Принося огромные прибыли сельскохозяйственным предприятиям, биржевым спекулянтам и некоторым фермерам, этанол в то же время вносит дисбаланс в традиционные товаропотоки и схемы торговли и потребления как внутри, так и вне сельскохозяйственного сектора.

Повальное увлечение этанолом создаст особую проблему, если цены на нефть упадут, скажем, из-за замедления темпов роста глобальной экономики. При цене на нефть в 30 долл. США за баррель производство этанола перестанет быть рентабельным, если кукуруза не будет продаваться дешевле, чем по 2 долл. США за бушель. В итоге для американских фермеров вновь настанут старые недобрые времена низких закупочных цен.

Недостаточно капитализированные заводы по производству этанола окажутся в зоне риска, но особенно уязвимыми станут фермерские кооперативы. Еще громче зазвучат призывы прибегнуть к субсидиям, квотам и налоговым льготам, начнется шумная кампания за принятие мер по спасению перегруженной инвестициями отрасли. К этому моменту крупные инвестиции в биотопливо покажутся неоправданной авантюрой.

С другой стороны, если цены на нефть будут колебаться в пределах 55-60 долл. США, производители этанола смогут платить от 3,65 до 4,54 долл. за бушель кукурузы и получать нормальную прибыль в 12%.

Что бы ни случилось на нефтяном рынке, стремление к энергетической независимости, которое служило основным оправданием огромных инвестиций в производство этанола, уже привело к зависимости отрасли от высоких цен на нефть.

Источник: «Уралбизнесконсалтинг»

# Автомобильный транспорт и парниковый эффект

**А.С. Хачиян**, профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.,  
**И.Г. Шишлов**, инженер МАДИ (ГТУ),  
**А.В. Вакуленко**, инженер МАДИ (ГТУ)

Усилия ученых и инженеров различных стран привели к тому, что к настоящему времени возможным оказалось удовлетворение требований все ужесточающихся норм по вредным выбросам. Созданы различные двигатели внутреннего сгорания (ДВС), выбросы которых лучше, чем лимитируемые нормами «Евро-5», в частности, двигатели, удовлетворяющие европейским нормам EEEV и американским нормам PZEVs, согласно которым вредные выбросы должны приближаться к нулевым. Как отмечено в [1], ненормируемые выбросы, вызывающие онкологические заболевания, также могут быть минимизированы, например, применением природного газа (ПГ).

**В**то же время выбросы диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ), основного парникового газа, продолжают расти. С 1998 по 2020 гг. прогнозируется рост выбросов  $\text{CO}_2$  в результате техногенной активности человечества на 45%. Это не может не оказать влияния на климат планеты. Естественные изменения климата существовали всегда, но в настоящее время они происходят явно неестественным образом. В ряде исследований показано, что изменение глобальной температуры явно связано с увеличением содержания в атмосфере двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ).

Если начать немедленно уменьшать выбросы двуокиси углерода и обеспечивать снижение их вдвое к 2050 г., то, согласно последнему анализу климата ООН, повышение глобальной температуры можно ограничить 2,5°C.

В Швеции каждый владелец автомобиля получил брошюру, в которой содержится призыв использовать малолитражные автомобили, оптимизировать эксплуатацию автомобилей, уменьшать годовой пробег. Показано, что, используя автомобиль с расходом топлива 5 л/100 км (вместо 8 л/100 км) и уменьшив годовой пробег с 15 000 км до 12 500 км, можно снизить выбросы  $\text{CO}_2$  почти вдвое. Любопытно, что этому призыву предшествовали фотографии, на которых показано, что за 100 лет с 1905 по 2005 гг. один

из ледников Швеции практически перестал существовать.

Прогноз повышения температуры на планете в период с 1900 до 2100 гг. дает наиболее вероятный интервал повышения температуры 1,8–4°C. Многие специалисты, в том числе специалисты фирмы «Volvo», радикальным решением проблемы считают переход на возобновляемые источники энергии, производимые из биомассы.

Считается, что при выращивании источников биомассы растения поглощают из атмосферы двуокись углерода, которая затем выделяется при сгорании произведенных из биомассы топлив (этанол, метанол, диметилэфира, биодизельного топлива, биогаза, растительных масел, их эфиров и пр.). Эта точка зрения может быть подвергнута критике, хотя и содержит, несомненно, рациональное зерно.

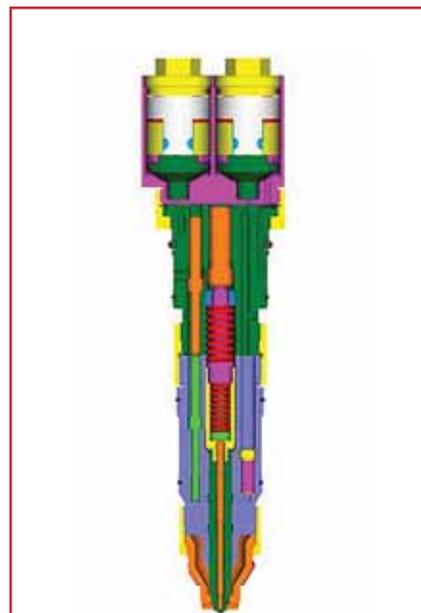
Критическое замечание очевидно. Если не использовать, например, отходы лесной промышленности для производства биотоплив, то выбросы двуокиси углерода в атмосфере будут меньше на величину, содержащуюся в продуктах сгорания топлив, произведенных из этих отходов. Если же специально выращивать основу для биомассы (например, рапс, подсолнечник и другие растения), то, во-первых, нужны соответствующие свободные площади, и, во-вторых, необходимо отказаться от

использования этих растений по другим конечным назначениям.

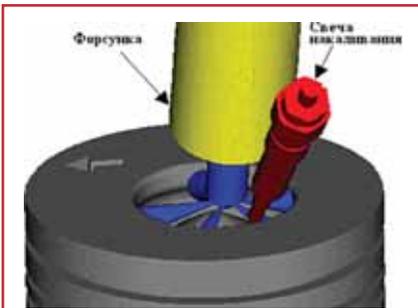
Имеются и другие пути снижения выбросов двуокиси углерода, в частности, использование природного газа как топлива для двигателей внутреннего сгорания. Природный газ потенциально может быть полезен для поставленной цели, так как в нем содержится меньше углерода, чем в жидких нефтяных моторных топливах, и он имеет большую теплоту сгорания. Справедливо это, однако, только в том случае, если газовый двигатель автомобиля будет иметь эксплуатационную экономичность, например, на уровне дизеля.

В последние годы внимание исследователей привлекают газовые двигатели, в которых, благодаря специальной организации процесса, можно использовать дизельную степень сжатия и качественное регулирование.

Следует отметить, что на эти возможности уже более 30 лет назад обратил внимание советский ученый д.т.н. К.И. Генкин. Под его руководством были созданы тепловозные и судовые двигатели, питаемые природным газом с факельным зажиганием, дизельной степенью сжатия и качественным регулированием.



**Рис. 1.** Комбинированная форсунка с клапаном для непосредственного впрыскивания природного газа и запальной дозы дизельного топлива – разработка компании «Westport Innovations» (США) совместно с компанией «University of British Columbia» (UBC)



**Рис. 2.** Размещение газовой форсунки и свечи накаливания в камере сгорания – вариант, разработанный Киотским университетом (Япония) совместно с фирмой «Osaka Gas»

В последние годы за рубежом появились публикации, в которых предлагаются следующие пути создания газовых двигателей нового поколения:

1. Подача газа и дизельного топлива в цилиндр с помощью двухсоленоидной форсунки (рис. 1), причем газовое топливо подается в небольшом количестве (3-4 мм<sup>3</sup>) с помощью аккумуляторной топливной системы с электрогидравлическими форсунками (такие топливные системы разрабатывались у нас в стране еще в середине 80-х гг. прошлого века и описаны в работах Ф.И. Пинского, А.С. Хачияна, С.В. Десятунина, позднее был начат выпуск таких систем фирмами «Bosh», «Siemens», «Delphi» и другими). Применение таких систем позволяет довести процент замещения дизельного топлива природным газом до 95% благодаря устойчивой подаче малых порций дизельного топлива, что было невозможно при использовании дизельной топ-



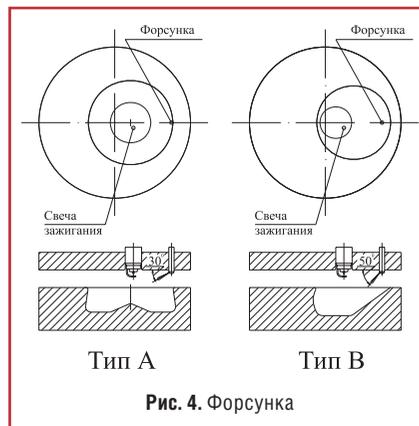
**Рис. 3.** Магнестрикционная форсунка высокого давления для непосредственного впрыскивания природного газа – вариант, разработанный компанией «Westport Innovations» (США) совместно с компанией «Ford» (США)

ливной системой непосредственного действия.

2. Подача природного газа непосредственно в цилиндр с помощью гидроприводной форсунки с воспламенением газозвушной смеси от специальных свечей накаливания (рис. 2).

3. Подача природного газа непосредственно в цилиндр с помощью электроуправляемой форсунки (например, магнестрикционной) и воспламенение газозвушной смеси от специальных свечей накаливания (рис. 3).

4. Вариант, практически повторяющий процесс бензиновых двигателей с впрыскиванием в цилиндр и воспламенением от свечи зажигания (рис. 4). В этом случае на режимах полной нагрузки газ подается за 80-100 град. до ВМТ с тем, чтобы к моменту зажигания смесь успевала гомогенизироваться (с  $\alpha=1,3-1,6$ ), что обеспечивает малые выбросы отходов азота.



**Рис. 4.** Форсунка

На частичных режимах газ подается позднее для того, чтобы в искровом промежутке образовался очаг воспламенения, благодаря которому удается воспламенить остальную газозвушную смесь. Коэффициент избытка воздуха при этом может на режимах



**Рис. 5.** Электромагнитный впускной клапан, регулирующий мощность

холостого хода достигать значений  $\alpha=4,5-5$ .

Нельзя не отметить и попытку повысить экономичность газового двигателя путем применения цикла Миллера и специального электроуправляемого впускного клапана, установленного вместо дроссельной заслонки (рис. 5). Авторы утверждают, что потери на газообмен снижаются в несколько раз, а управление впускным клапаном позволяет обеспечивать количественное регулирование, в частности, за счет уменьшения подъема впускного клапана. Конечно, раннее закрытие впускного клапана положительно влияет на процесс горения.

На рис. 6 показана принципиальная возможность достижения в двигателе, питаемом природным газом, экономичности дизеля на всех нагрузочных режимах – данные фирмы «Westport Innovations» (США).

Исходя из этого, проведена оценка возможности снижения выбросов двуокиси углерода при использовании природного газа в газовых двигателях нового поколения. Оценка выполнена

Таблица 1

Двигатель	$\alpha$	$m_{CO_2}$	$m_{H_2O}$	$m_{N_2}$	$m_{O_2}$
Бензиновый	1,0	0,194726	0,09034	0,715	0
Дизельный	3,0	0,07008676	0,0352151	0,7424	0,1484496
Газовый	3,0	0,051218	0,051622	0,748	0,148987

Таблица 2

Двигатель	$\alpha$	Расход топлива, кг/ч	Расход выпускных газов $M_{вып.г}$ кг/ч	$m_{CO_2}$	$M_{CO_2}$ , кг/ч
Бензиновый	1	32	515,184	0,194728	100,3
Дизельный	3,0	22,5	1015,128	0,0708676	11,94
Газовый	3,0	19,152	1028,3	0,0151218	52,67

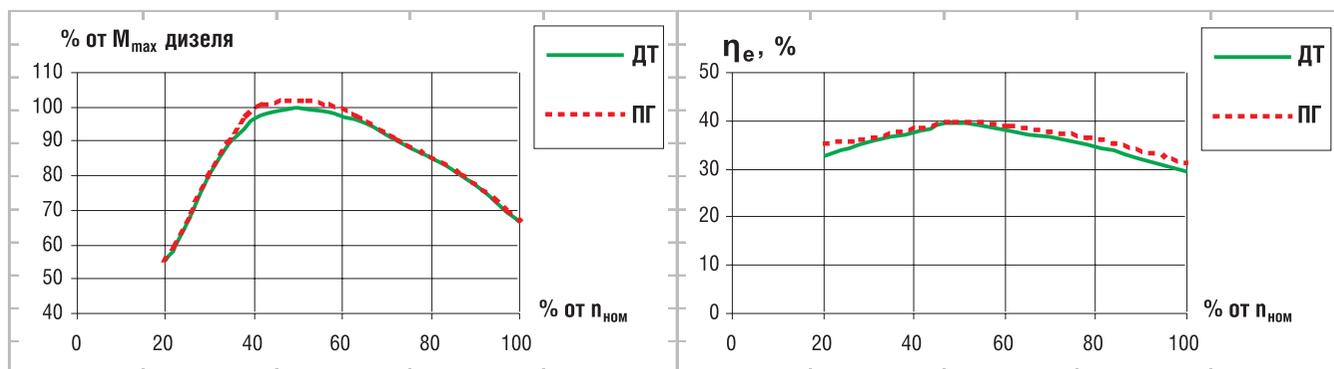


Рис. 6. ВСХ двигателя, питаемого природным газом, и базового дизеля

применительно к двигателю для большого городского автобуса.

Для мощности 100 кВт принимаем для дизеля  $g_e=225$  г/кВт·ч, для бензинового двигателя (с учетом меньшей степени сжатия, отсутствия избытка воздуха и количественного регулирования)  $g_e=320$  г/кВт·ч и для газового двигателя  $g_e=191,52$  г/кВт·ч (с учетом равенства с дизелем эффективного КПД и большей теплотворной способности метана по сравнению с дизельным топливом).

В табл. 1 приведены теоретические составы выпускных газов.

В табл. 2 приведены значения расхода топлива и выпускных газов, массовая доля двуокиси углерода и масса его, выбрасываемая в атмосферу.

Из расчетов следует, что при выработке одинаковой энергии бензиновый двигатель автомобиля выбрасывает в атмосферу двуокиси углерода на 28% больше, чем дизель, и на 47,5% больше, чем газовый двигатель. Эти сведения являются серьезным аргументом в пользу более широкого применения дизелей и особенно двигателей ново-

го поколения, питаемых природным газом, на всех видах автомобильного транспорта.

С учетом того, что в России энергетические запасы природного газа в несколько раз больше, чем нефти, очевидна целесообразность широкого использования на транспорте природного газа не только с целью обеспечения известных преимуществ газового двигателя по сравнению с дизелем (увеличение моторесурса двигателя, меньшее шумоизлучение и содержание в отработавших газах вредных веществ, вызывающих онкологические заболевания, а также твердых частиц,

меньшие затраты на горюче-смазочные материалы и пр.), но и для уменьшения влияния автомобильного транспорта на проблему парникового эффекта, связанную с выбросами двуокиси углерода в атмосферу.

Одновременно с этим, конечно, резко увеличивается энергетическая безопасность страны.

Сказанное ни в коем случае не отрицает целесообразности использования биотоплив для двигателей внутреннего сгорания. Вместе с тем нельзя, однако, не отметить определенные сомнения в целесообразности производства диметилэфира из природного газа.

## Литература

1. Хачиян А.С. «Перспективы использования природного газа с учетом всей гаммы вредных выбросов двигателями внутреннего сгорания». II НТС сер. Газификация. Природный газ в качестве моторного топлива. Подготовка, переработка и использование газа. – М.; ООО «ИРЦ Газпром», 2003 № 3.
2. Хачиян А.С. Сравнительная оценка выбросов двуокиси углерода различными двигателями в сборнике научных трудов «Перспективы развития энергетических установок для автотранспортного комплекса», МАДИ (ГТУ), Москва, 2006 г.

## Газовое топливо – сельскому хозяйству

Сельское хозяйство Нижегородской области переходит на природный газ. Как сообщает нижегородская газета «Крестьянские ведомости», недавно правительством Нижегородской области утверждена новая целевая программа «Использование природного газа в сельском хозяйстве области на 2008-2010 гг.», согласно которой в течение трех лет на более выгодный вид топли-

ва намечено перевести в хозяйствах 1,3 тыс. ед. автотракторной техники и 113 зерносушилок.

Речь в первую очередь идет о тракторах К-700, Т-150, МТЗ, автомобилях МАЗ, КамАЗ, ЗИЛ, ГАЗ, поскольку они наиболее распространены сегодня в области, к тому же давно отработана надежная технология перевода их с обычного горючего на природный газ.

В этой программе сейчас участвуют 19 хозяйств из 22 районов области, где намерены уже на первом этапе перевести 700 тракторов с солярки на более дешевое топливо – газ. С этой целью хозяйства чаще всего берут льготный банковский кредит, где 2/3 ставки рефинансирования ЦБ РФ возмещаются хозяйствам за счет областного бюджета. Всего, по подсчетам правительства Нижегородской области, в области для перевода сельхозтехники на газ потребуются не менее 360 млн. руб.

15-я ЮБИЛЕЙНАЯ МОСКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

# АВТОКОМПЛЕКС



# 2008

**АВТОЗАПРАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС,  
АВТОТЕХСЕРВИС, ГАРАЖ И ПАРКИНГ**

29-31 ОКТЯБРЯ 2008 ГОДА,  
МОСКВА  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ  
КОМПЛЕКС "ЭКСПОЦЕНТР",  
ПАВИЛЬОН № 7 И ОТКРЫТЫЕ ПЛОЩАДКИ  
(1-й КРАСНОГВАРДЕЙСКИЙ ПР., 12)

29-31 OCTOBER 2008,  
MOSCOW  
EXPOCENTR Fairgrounds,  
PAVILION №7 AND OUTDOOR SECTION,  
1ST KRASNOGVARDEYSKIY PROEzd, 12

**ОРГАНИЗАТОРЫ:**  
ООО «АЗС-ЭКСПО» (РОССИЯ)  
Мессе Дюссельдорф ГмбХ (ГЕРМАНИЯ)  
ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА  
МОСКВЫ И ЗАО «ЭКСПОЦЕНТР»

**ORGANIZERS:**  
ACS-EXPO (RUSSIA)  
MESSE DÜSSELDORF GMBH (GERMANY)  
SUPPORTED BY THE MOSCOW GOVERNMENT  
AND ZAO EXPOCENTR

[www.autocomplex.net](http://www.autocomplex.net)



# AUTOCOMPLEX 2008

**THE 15th ANNIVERSARY MOSCOW INTERNATIONAL EXHIBITION**



123100, г. Москва,  
ул. Мантулинская,  
д. 7, стр. 3, офис 15,  
тел./факс: (495) 256-05-44, 380-21-37  
e-mail: acs-expo@mtu-net.ru

Messe Düsseldorf GmbH  
Postfach 101006, D-40001 Düsseldorf, Germany  
Stockumer Kirchstrasse, 61, D-40474 Düsseldorf  
Tel.: + 49 (211) 4560-01, fax: + 49 (211) 4560-7740  
[www.messe-duesseldorf.de/autocomplex](http://www.messe-duesseldorf.de/autocomplex)



# Оценка экологической эффективности применения различных видов моторного топлива в ДВС автотранспортных средств

**М.В. Коротков,**

ведущий инженер отдела по рациональному использованию ресурсов ООО «Оренбурггазпром», к.т.н.,

**А.А. Филиппов,**

старший преподаватель Оренбургского государственного университета, к.т.н.

**Окончание, начало см. в №1/2008**

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что в случае работы автомобиля на этилированном бензине наиболее опасной примесью следует признать оксиды свинца. Их вклад в формирование опасности составляет 59%, несмотря на то, что по массе их доля очень мала и составляет всего 0,3%. Во всех остальных случаях наиболее опасной примесью в ОГ автомобиля являются оксиды азота ( $NO_x$ ), их вклад в формирование опасности составляет от

80% (для метанола) до 100% (для водорода). Следующей по значимости следует признать опасность оксида углерода (СО), вклад которого в формирование общей опасности выбросов колеблется от 4 до 15%. Наименее значимой является опасность углеродных соединений, которая составляет от 2 до 5% по КОВ.

На следующем этапе необходимо соотнести суммарные категории опасности ОГ автомобиля с категорией опасности ОГ автомобиля, работающего на самом «чистом» виде топлива – водороде. Полученные

значения дают однозначное представление о том, во сколько раз будет изменяться опасность отработавших газов автомобиля при его работе на других видах топлива.

Очевидно, что для различных автомобилей количественные характеристики выбросов токсичных компонентов будут отличаться. Однако, приняв некоторые допущения, можно утверждать, что останется неизменным соотношение уровней экологической опасности ОГ для любых идентичных автомобилей, выполняющих одинаковую транспортную работу с использованием различных видов моторного топлива.

В отношении упомянутых допущений необходимо отметить следующее:

1. При сравнении одинаковых автомобилей, использующих различ-

Таблица 3

**Количество выбросов различных загрязняющих веществ в ОГ автомобиля ГАЗ-2410, работающего на различных видах топлива**

Токсичное вещество	Вид топлива											
	Водород		Метанол		КПГ		ГСН		Аи-92 (неэтил.)		Аи-92 (этил.)	
	г/исп	%	г/исп	%	г/исп	%	г/исп	%	г/исп	%	г/исп	%
$M_{CO}$	0	0	28,0	75,7	8,5	44,5	19,0	58,7	41,0	69,7	41,0	69,5
$M_{CH}$	0	0	4,6	12,4	4,5	23,5	4,8	14,8	8,8	15,0	8,8	14,9
$M_{NOx}$	2,5	100	4,4	11,9	6,1	32	8,6	26,5	9,0	15,3	9,0	15,3
$M_{Pb}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3
$\Sigma$	2,5	100	37	100	19,1	100	32,4	100	58,8	100	59	100

Таблица 4

**Категории опасности токсичных компонентов, входящих в состав ОГ автомобиля, работающего на различных видах топлива**

КОВ i-го вещества	Виды моторного топлива											
	Водород		Метанол		КПГ		СУГ		Аи-92 (неэтил.)		Аи-92 (этил.)	
	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%
КОВ <sub>CO</sub>	0	0	8	15	2	3	5	6	11	11	11	4
КОВ <sub>CH</sub>	0	0	2,5	5	2,5	4	3	3	5	5	5	2
КОВ <sub>NOx</sub>	24	100	42,5	80	59	93	83	91	87	84	87	35
КОВ <sub>Pb</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	149	59
КОА	24	100	53	100	63,5	100	91	100	103	100	252	100

Таблица 5

**Значения критерия «приспособленности» для различных видов моторного топлива**

Показатель	Виды моторного топлива					
	Водород	Метанол	КПГ	СУГ	Аи-92 (неэтил.)	Аи-92 (этил.)
$K_{топл}$	1	2,2	2,6	3,8	4,3	10,5

Таблица 6

**Усредненные данные о выбросах загрязняющих веществ с отработавшими газами грузовых автомобилей**

Виды топлива	Загрязняющие вещества, кг на т сгоревшего топлива													
	CO		CH		NO <sub>x</sub>		Сажа		SO <sub>x</sub>		PbO		Σ	
	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%	кг/т	%
Газодизельное	357,6	80	53,2	12	28,0	6	2,4	0,5	6,0	1,5	0	0	447,2	100
Дизельное	149,6	56	48,3	18	31,9	12	16,5	6	20,0	8	0	0	266,3	100
Бензин	527,4	83	66,1	10	40,4	6	0,6	<1	2,0	<1	0,3	<1	636,8	100

ные виды топлива, принципиально отличаются топливные системы, а в некоторых случаях и конструкции самих двигателей, техническое состояние которых по-своему оказывает значимое влияние на состав ОГ. Следовательно, первым допущением является то, что при оценке экологических качеств топлив техническое состояние топливных систем и самих двигателей не оказывает влияния на состав ОГ в сторону ухудшения, то есть при оценке экологических качеств топлив следует считать, что рассматриваемые агрегаты во всех случаях являются новыми и отрегулированными согласно рекомендациям заводов-изготовителей.

2. Суммарная погрешность измерений при испытаниях автомобиля на каждом виде топлива является величиной постоянной.

Испытания дизельных двигателей и двигателей, работающих по газодизельному циклу, не проводились в составе автомобиля ГАЗ-2410, рассматриваемого в качестве примера. Поэтому для предварительной оценки экологической «приспособленности» этих видов топлива воспользуемся усредненными данными [6] о количестве выбросов загрязняющих веществ с ОГ автомобилей, работающих на дизельном топливе, по газодизельному циклу, а также на этилированном бензине для того, чтобы результаты расчета сопоставить с полученными ранее значениями  $K_{топл}$  (табл. 6).

Анализ данных табл. 6 показывает, что наибольшую долю в ОГ по массе составляют оксиды азота – более 80% для бензиновых двигателей и двигателей, работающих по газодизельному циклу, и 56% для дизельных двигателей. Кроме этого, необходимо отметить, что значимую долю в ОГ дизельных

двигателей составляют сажа и диоксид серы (SO<sub>2</sub>), массовое содержание которых составляет 6 и 8% соответственно. Содержание сажи и диоксида серы в ОГ бензиновых двигателей незначительно, в сумме с оксидом свинца (PbO) содержание этих компонентов не превышает 1% по массе.

Таблица 7

**Усредненные данные о составе ОГ грузовых автомобилей, представленные в виде потока загрязняющих веществ**

Виды топлива	Количество загрязняющих веществ в ОГ, г/с					
	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Сажа	SO <sub>x</sub>	PbO
Газодизельное	0,496666	0,07388	0,038888	0,003333	0,008333	—
Дизельное	0,207777	0,06708	0,044305	0,022916	0,027777	—
Бензин	0,7325	0,091805	0,056111	0,000833	0,002777	0,000416

Таблица 8

**Категории опасности токсичных компонентов, входящих в состав ОГ грузового автомобиля, работающего на различных видах топлива**

Вид топлива	Категории опасности веществ в ОГ, м <sup>3</sup> /с					
	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Сажа	SO <sub>x</sub>	PbO
Газодизельное	165,56	49,25	457,50	22,22	166,66	0
Дизельное	69,26	44,72	521,23	152,77	555,54	0
Бензин	244,17	61,20	660,13	5,55	55,55	378,18

Таблица 9

**Соотношение уровней экологической опасности ОГ грузового автомобиля, работающего на различных видах топлива**

Вид топлива	KOA	$K_{топл}$
Газодизельное	861,19	6,4
Дизельное	1343,52	10
Бензин	1404,78	10,5



Рис. 6. Значения критерия экологической «приспособленности» различных видов моторного топлива

В экологической практике выбросы загрязняющих веществ принято представлять в виде потока вещества. Поэтому, руководствуясь принципом промышленного метаболизма, позволяющего отследить материально-энергетические потоки системы «автомобиль в эксплуатации – окружающая среда», представим данные табл. 6 для каждого загрязняющего вещества в виде его количества, генерируемого источником (выхлопная труба автомобиля) в единицу времени (г/с). Для этого необходимо знать время, за которое была израсходована 1 т топлива.

Необходимо пояснить, что в данном случае не имеет значения величина временного промежутка, так как целью данного расчета является не оценка экологической опасности ОГ конкретных автомобилей (поскольку рассматриваемые в этом расчете автомобили являются виртуальными и их выбросы характеризуются усредненными значениями), а **соотношение** полученных значений экологической опасности ОГ для каждого вида топлива. Это соотношение будет неизменным при любом значении выполненной транспортной работы. Таким образом, предположим, что 1 т топлива была израсходована за 200 ч (720 тыс. с) работы автомобиля.

В табл. 7 представлены усредненные данные о составе ОГ грузовых автомобилей.

Теперь, воспользовавшись как и ранее, формулами (1) и (2), а также значениями максимально-разовых предельно допустимых концентраций (ПДК<sub>м.р.</sub>) [7], рассчитаем категории опасности ОГ автомобилей, работающих на этих видах топлива (табл. 8).

Полученные результаты позволяют судить лишь о том, как между собой соотносятся уровни экологической опасности ОГ грузового автомобиля, работающего по газодизельному циклу, на дизельном топливе и на бензине. Для того, чтобы получить усредненное значение показателей экологической «приспособленности» дизельного топлива и газодизельной смеси и сопоставить полученные значения с аналогичными показателями, полученными ранее (табл. 5), необходимо воспользоваться методом пропорциональности, за «точку отсчета» приняв уровень экологической опасности ОГ при работе автомобиля на этилированном бензине:

$$\frac{1404,78}{861,19} = \frac{10,5}{X}, \text{ отсюда: } X = \frac{10,5}{1,63} = 6,43.$$

В табл. 9 представлены расчетные усредненные значения критериев экологической «приспособленности» дизельного топлива и газодизельной смеси к процессу получения механической работы в ДВС. Следует отметить, что вышеописанные допущения должны быть приняты во внимание при расчете значений  $K_{топл}$  также и для этих видов моторного топлива.

Таким образом, предложенный нами подход позволяет прогнозировать экологическую эффективность применения различных видов топлива, а значит – управлять экологической опасностью отработавших газов автомобилей через обоснование выбора моторных топлив (рис. 6).

Полученные результаты показывают, что самым экологически чистым видом топлива является водород  $K_{\text{водород}}=1$ , далее в ряду располагаются метанол и КПГ. Уровень экологической опасности ОГ автомобилей, работающих на этих видах топлива, соответственно в 2,2 и 2,6 раза будет превышать уровень экологической опасности ОГ такого же автомобиля, выполняющего такую же транспортную работу, но работающего на водороде. Далее в ряду располагаются сжиженный углеводородный газ (СУГ) и неэтилированный бензин, которые на сегодняшний день в России являются наиболее распространенными видами топлива. Значения критерия экологической «приспособленности» этих двух видов топлива равны  $K_{\text{ГСН}} = 3,8$  и  $K_{\text{Бенз.неэтил}} = 4,3$  соответственно.

Следующей в ряду располагается газодизельная смесь  $K_{\text{ГД}} = 6,3$ . Наиболее «грязными» видами топлива являются дизельное топливо  $K_{\text{ДТ}}=10$  из-за высокого содержания в ОГ сажи и оксидов серы и этилированный бензин из-за содержания в ОГ оксидов свинца  $K_{\text{Бенз.этил}}=10,5$ .

Следует отметить, что несмотря на свои «хорошие» экологические характеристики, ни водород ни метанол сегодня не производятся в России в промышленных масштабах, и говорить об их коммерческом применении в качестве моторных топлив пока преждевременно. Следовательно, наиболее экологически «чистым» видом топлива, готовым к широкому распространению, является компримированный природный газ.

## Заключение

Очевидно, что в целях обеспечения экологической безопасности жизни и здоровья россиян необ-

ходимы модернизация и развитие законодательной основы, которая позволила бы усовершенствовать методы государственного регулирования процессов поступления химически опасных веществ в окружающую среду (в том числе в атмосферный воздух) от разнообразных источников. Важной особенностью предложенного нами инструмента является возможность (и готовность) его использования для единой «шкалы» (или системы) оценок экологической опасности ОГ различных автомобилей, находящихся в эксплуатации. Такая «шкала» (система) будет необходима и востребована при совершенствовании российского законодательства в области охраны атмосферного воздуха.

В настоящее время проводится научно-исследовательская работа, направленная на решение проблемы загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий. Сущность научной новизны этой работы заключается в том,

что разрабатываемые нами методы позволяют устанавливать экологические ограничения на выбросы ВВ, сопровождающие любую деятельность человека (в том числе эксплуатацию автомобильного транспор-

та), на основе оценки способности воздушной среды рассматриваемой урбанизированной территории к самоочищению в конкретных климатических и метеорологических ситуациях.

## Литература

1. **А.Р. Кульчицкий.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов // Владим. гос. ун-т. – Владимир. 2000. С. 256.
2. **В.Н. Луканин и др.** Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн.1. Теория рабочих процессов. Учеб. – М.: Высш. шк., 1995. – С. 368.
3. **А.А. Цыцура, Е.В. Бондаренко, Г.П. Дворников, Е.А. Старокожева.** Комплексная оценка экологичности автомобиля. // Академический журнал Уральского межрегионального Отделения Российской Академии транспорта (УМО ПАТ), № 3-4, 2001. С. 74-78.
4. **М.В. Коротков, А.А. Цыцура.** Разработка критерия экологической безопасности и уровня технического совершенства автотранспортных средств. Экологический вестник России: информационно-справочный бюллетень, 2002, № 11. С. 41-43.
5. **В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко.** Экологически чистая автомобильная энергоустановка: понятие и количественная оценка // Итоги науки и техники // ВИНТИ. Автомобильный и городской транспорт. – 1994. С. 18.
6. **Е.Н. Пронин.** Природный газ – моторное топливо XXI века. Природный газ в моторе? Вопросы и ответы // Альбом информационных материалов. Управление по газификации и использованию газа ОАО «Газпром». М., 2006.
7. Гигиенические Нормативы 2.1.6. 1338–03. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

## К сведению авторов

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

Материалы статей должны быть представлены на любом электронном носителе в программе WinWord с указанием имени файла и с приложением данного текста в распечатанном виде. Объем статьи – не более 8 стр. формата А4 по 1800 знаков с пробелами на каждой. Всего 14400 знаков с пробелами. Со статьей должна быть представлена краткая аннотация.

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

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

На электронном носителе текст и рисунки должны быть выполнены в программе Microsoft Word с обозначением файлов шрифтов в формате tif, rtf, doc. Название файла только латинскими буквами. Рисунки – в формате tif (300 dpi, CMYK), eps, jpg, jpeg, cdr. Отдельно необходимо представить список подрисуночных подписей.

Не следует форматировать текст самостоятельно.

При пересылке материалов по E-mail следует сопровождать их пояснительной запиской (от кого, перечень файлов и т.д.). Объемные файлы должны быть заархивированы.

При подготовке статей к изданию необходимо руководствоваться документами, определяющими правила передачи информации через СМИ.

Статья должна содержать следующие сведения об авторе (авторах): ФИО полностью, должность, ученая степень (если есть), почтовый и электронный адреса, контактные телефоны (служебный, домашний). Авторский коллектив должен указать ответственное лицо, с которым редакция будет вести переговоры в процессе подготовки статьи к изданию.

В список литературы включаются источники, на которые есть ссылки в статье. Ссылаться можно только на опубликованные работы. Список литературы составляется в порядке употребления. В нем приводятся следующие сведения: фамилия и инициалы авторов, название работы; для журнала – название, год издания, номер, страницы, на которых размещена статья; для книг – место и год издания, издательство, общее число страниц.

Редакция оставляет за собой право редакторской правки и не несет ответственности за достоверность публикации. Все внесенные изменения и дополнения в представленную к изданию статью согласовываются с автором или представителем авторского коллектива.

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

# Экологическая эффективность использования газомоторного топлива в ООО «Оренбурггазпром»

**С.И. Иванов**, ген. директор ООО «Оренбурггазпром», профессор, к.т.н.,  
**С.В. Строганов**, зам. главного инженера – директор ИТЦ ООО «Оренбурггазпром»,  
**М.В. Коротков**, ведущий инженер отдела ООО «Оренбурггазпром», к.т.н.

Вопросы рационального использования ресурсов и снижения негативного воздействия деятельности человека на окружающую среду становятся одними из наиболее актуальных проблем, стоящих перед человечеством в современном мире. Поскольку автомобильный транспорт является основным потребителем углеводородного сырья, а также наиболее значимым источником загрязнения атмосферного воздуха в большинстве крупных городов мира, то важным направлением в решении указанных проблем с уверенностью можно считать развитие использования альтернативных видов моторного топлива [1].

В целях исполнения принятых решений ОАО «Газпром» по расширению использования газомоторного топлива в ООО «Оренбурггазпром» постоянно проводится планомерная, целенаправленная работа по замещению бензина на сжиженный углеводородный газ (СУГ) и дизельного топлива (ДТ) на компримированный природный газ (КПГ). Наряду с экономической привлекательностью использования СУГ и КПГ вместо традиционных видов моторного топлива, значимым достоинством применения газомоторных топлив является снижение загрязнения атмосферного воздуха за счет уменьшения выброса вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) автомобильных двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

## Постановка задачи исследования

Известно, что работа ДВС неизбежно сопровождается выбросами ОГ, в которых обнаружено около 1200 компонентов, а из них подробно изучено около 200 соединений [2]. Наиболее опасными и подлежащими нормированию являются следующие ВВ: оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ), оксиды углерода (СО), суммарные углеводороды (СН) и оксиды

серы ( $\text{SO}_x$ ). Для дизельных двигателей дополнительно проводятся испытания по оценке содержания в ОГ дисперсных частиц (РМ), а также дымности ОГ. В табл. 1 представлены выбросы загрязняющих веществ с ОГ грузовых автомобилей, работающих на различных видах моторного топлива.

Все эти компоненты могут по-разному влиять на здоровье людей, так как они имеют различную токсичность и относятся к разным классам опасности, кроме того, количество и доля (процентное содержание) этих компонентов в ОГ различных автомобилей также различны. Поэтому, используя только количественные характеристики выбросов ОГ, невозможно однозначно судить о том, каким образом оценить экологическую эффективность от применения различных видов газомоторного топлива.

Ранее сотрудниками ООО «Оренбурггазпром» был разработан принципиально новый подход к оценке экологической опасности отработавших газов, на основе которого в настоящей статье предлагается оценить экологическую эффективность от использования газомоторного топлива в ООО «Оренбурггазпром».

## Решение задачи исследования

Для оценки экологической эффективности применения СУГ и КПГ в качестве моторных топлив в ООО «Оренбурггазпром» был использован методический подход, предложенный в работах [3, 4], который позволяет с позиции экологической безопасности однозначно судить о целесообразности переоборудования бензиновых автомобилей на СУГ и дизельных автомобилей для работы по газодизельному циклу.

Сущность использованного подхода заключается в определении интегрального показателя – категории опасности вещества (КОВ), которая рассчитывается по формуле 1:

$$KOA = \sum_1^n KOB_i = \sum_1^m \left( \frac{M_i}{ПДК_i} \right), \quad (1)$$

где  $KOB_i$  – категория опасности  $i$ -того вещества,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $ПДК_i$  – максимально-разовая предельно-допустимая концентрация вещества, характеризующая его токсичность,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;  $M_i$  – количество выбросов  $i$ -того вещества,  $\text{г}/\text{с}$ .

Таблица 1

## Выбросы загрязняющих веществ с ОГ грузовых автомобилей

Вид топлива	Загрязняющие вещества, кг на тонну сгоревшего топлива				
	СО	СН	$\text{NO}_x$	Сажа	$\text{SO}_x$
Природный газ	192,1	54,9	25,6	–	–
Газодизельная смесь	357,6	53,2	28,0	2,4	6,0
Дизельное топливо	149,6	48,3	31,9	16,5	20,0
Бензин (неэтил.)	527,4	66,1	40,4	0,6	2,0

Категория опасности вещества имеет размерность м<sup>3</sup>/с. Эта размерность означает некий виртуальный объем воздушной среды, требуемый для того, чтобы рассеять загрязняющие вещества, генерируемые источником с определенной объемной скоростью, до безопасных концентраций. Здесь следует отметить, что речь идет о виртуальном, то есть условном, объеме воздушной среды, потому что в реальности атмосфера очищается не только за счет рассеивания вредных веществ в своем объеме (конвективная и молекулярная диффузия), но и за счет оседания вредных веществ и их вымывания из атмосферы с осадками в виде дождя и снега.

Категория опасности ОГ автомобиля (КОА) является суммой категорий опасности различных токсичных веществ, входящих в состав ОГ. КОА выступает интегральной характеристикой экологической опасности отработавших газов автомобиля как источника выбросов многих загрязняющих веществ в воздушную среду.

Существует множество подходов к оценке экологической опасности ОГ автомобильных ДВС, однако представленный методический подход был использован потому, что он имеет ряд значимых преимуществ, которые позволяют:

- учитывать не только количество выбросов различных компонентов ОГ, но и их токсичность (предельно-допустимую концентрацию), и тем самым устанавливать четкую взаимосвязь между техническими характеристиками работы ДВС с его экологическими характеристиками (существующими санитарными нормами). Другими словами категория опасности вещества (автомобиля) является не технической, а технико-экологической характеристикой работы ДВС, либо автомобиля в целом;

- сравнивать и ранжировать опасность различных токсичных компонентов в ОГ;

- суммировать категории опасности разных токсичных веществ, так как они имеют единые физический смысл и размерность [м<sup>3</sup>/с]. Благодаря этому можно знать общую опасность

всех вредных компонентов, выбрасываемых источником с учетом их количества и токсичности;

- объективно сравнивать и однозначно оценивать экологическую опасность ОГ различных автомобилей (использующих ДВС), независимо от их типа, назначения, грузоподъемности, вида используемого топлива, а также прочих конструктивных и индивидуальных особенностей;

- объективно сравнивать и однозначно оценивать экологическую эффективность применения различных видов моторного топлива;

- применять этот метод также и для промышленных предприятий, что позволяет сравнивать экологическую опасность передвижного источника (автомобиля) с экологической опасностью стационарного источника (промышленного предприятия). Благодаря этому стало возможным оценивать вклад автотранспорта и предприятий в загрязнение атмосферного воздуха города, а впоследствии, через экологическую емкость воздушной

среды урбанизированной территории, устанавливать экологические ограничения.

**Расчет экологической эффективности использования КПП и СУГ в ООО «Оренбурггазпром»**

В настоящее время в структурных подразделениях ООО «Оренбурггазпром» переведено на газомоторное топливо и эксплуатируется 563 ед. газобаллонных автомобилей. Причем из них 505 автомобилей, работавших на бензине, были переоборудованы для работы на сжиженном углеводородном газе и 58 дизельных автомобилей были переоборудованы для работы по газодизельному циклу, при котором используется смесь дизельного топлива (30%) и компримированного природного газа (70%). В качестве исходных были использованы данные о расходе топлива этими автомобилями за I-III кв. 2007 г. (табл. 2).

Известно, что при переводе бензиновых автомобилей на СУГ увеличива-

Таблица 2

**Расход топлива автотранспортными средствами ООО «Оренбурггазпром» за расчетный период 01.01.2007–30.09.2007**

Количество автомобилей	Использовано топлива за расчетный период	Вид топлива
505 ед.	3287712 л	СУГ
58 ед.	212992 м <sup>3</sup>	КПП

Таблица 3

**Скорости генерирования различных загрязняющих веществ в атмосферу автомобилями ООО «Оренбурггазпром»**

Вид топлива	Загрязняющие вещества, г/с				
	CO	CH	NO <sub>x</sub>	Сажа	SO <sub>x</sub>
Газодизельная смесь	3022	450	237	20	51
Бензин (неэтил.)	44107	5528	3379	50	167

Таблица 4

**Предельно допустимые концентрации различных загрязняющих веществ, присутствующих в ОГ ДВС**

Вещество	Максимально-разовая, предельно допустимая концентрация (ПДК) г/м <sup>3</sup>
CO	0,003
CH	0,0015
NO <sub>x</sub>	0,000085
Сажа (С-углерод)	0,00015
SO <sub>x</sub> (SO <sub>2</sub> )	0,00005

**Категории опасности различных загрязняющих веществ, присутствующих в ОГ ДВС**

Вид топлива	Категории опасности загрязняющих веществ											
	КОВ <sub>CO</sub>		КОВ <sub>CH</sub>		КОВ <sub>NOx</sub>		КОВ <sub>Сажа</sub>		КОВ <sub>SOx</sub>		КОА	
	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%	м³/с	%
Газодизельная смесь	1007333	19	300000	6	2788235	53	1333333	3	1020000	19	5248901	100
Бензин (неэтил.)	14702333	24	3685333	6	39752941	64	333333	1	3340000	5	61813940	100

Таблица 6

**Значения критерия экологической «приспособленности» различных видов моторного топлива**

Вид топлива	Водород	Метанол	КПГ	СУГ	Аи-92 (неэтил.)	Газодизельная смесь	Дизельное топливо	Аи-92 (этил.)
$K_T$	1	2,2	2,6	3,8	4,3	6,3	10	10,5

ется расход топлива. То есть для выполнения той же автотранспортной работы при использовании СУГ автомобилю потребуется в среднем на 25% больше СУГ (по объему), чем бензина. Следовательно, для расчета экологической эффективности от использования СУГ в качестве моторного топлива примем, что если бы эти 505 автомобилей не были переоборудованы для работы на СУГ, то при укрупненном расчете расход бензина составит:

$$V_{\text{бензина}} = 3287712 : 1,25 = 2\,630\,170 \text{ л,}$$

при этом масса такого количества бензина ( $\rho_{\text{бензина}} = 0,75$  для А-80) составит:

$$M_{\text{бензина}} = 2630170 \cdot 0,75 = 1\,972\,627,5 \text{ т.}$$

В отношении газодизельных автомобилей следует отметить, что они оснащаются двухтопливной системой питания двигателей, то есть одновременно используется дизельное топливо и КПГ. Сначала в цилиндр газодизеля подается газозвушная смесь, а в конце такта сжатия, когда начинается воспламенение, в цилиндр подается некоторая доза запального топлива, которым в данном случае выступает дизельное топливо [5]. Величина запальной дозы зависит от конструкции двигателя, и для автомобилей ООО «Оренбурггазпром» она составляет 30% по массе.

Следовательно, масса газодизельного топлива, использованного 58 автомобилями ООО «Оренбурггазпром» за расчетный период, будет являться суммой масс использованных компримированного природного

газа ( $\rho_{\text{кпр}} = 0,72 \text{ кг/м}^3$ ) и дизельного топлива ( $\rho_{\text{дт}} = 0,84 \text{ кг/л}$ ):

$$M_{\text{кпр}} = 212\,992 \cdot 0,72 = 153\,354 \text{ т;}$$

$$M_{\text{дт}} = 153\,354 \cdot 0,3 = 46\,006 \text{ т;}$$

$$M_{\text{СУГ}} = 153\,354 + 46\,006 = 199\,360 \text{ т.}$$

В экологической практике принято руководствоваться принципом промышленного метаболизма, позволяющего отследить материально-энергетические потоки, проходящие через любую техническую систему. Поэтому для оценки экологической опасности ОГ данные о выбросах каждого загрязняющего вещества необходимо представить в виде его количества, генерируемого источником (выхлопная труба автомобиля) в единицу времени (г/с). Поэтому, зная массу топлива, использованного автомобилями ООО «Оренбурггазпром» за расчетный период (I–III кв. = 273 сут. = 23 587 200 с), а также удельные значения выбросов вредных веществ при использовании различных видов топлива (табл. 1), можно представить суммарный валовой выброс ВВ с ОГ всех рассматриваемых автомобилей в виде непрерывного потока этих веществ в атмосферный воздух (табл. 3).

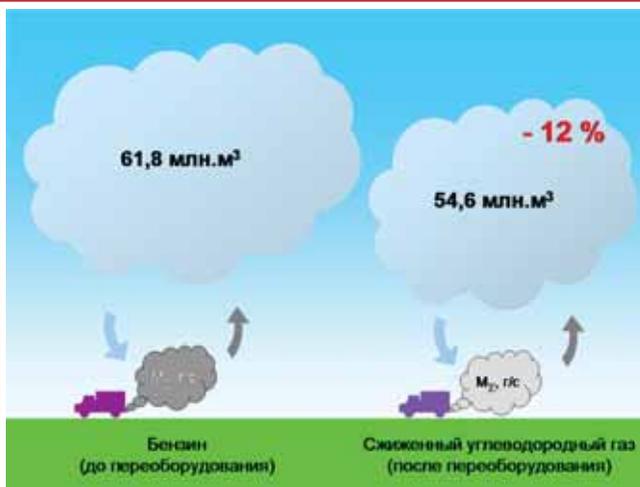
Однако, как уже отмечалось выше, все эти вещества имеют различную токсичность и по-разному влияют на здоровье людей. Поэтому на следующем этапе необходимо полученные значения пробеговых выбросов соотнести со значениями максимально-разовых предельно допустимых концентраций, установленных Гигиеническими норма-

тивами 2.1.6.1338–03 для этих веществ (табл. 4).

Используя данные табл. 3 и 4, по уравнению 1 можно рассчитать категории опасности веществ, присутствующих в ОГ ДВС (табл. 5).

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее опасным веществом в отработавших газах следует признать оксиды азота, а не оксид углерода, как это предполагалось ранее на основе анализа массовых характеристик выбросов. Так, на долю  $\text{NO}_x$  приходится от 53% для газодизельной смеси до 64% для бензина. Следующим по значимости является оксид углерода, доля этого компонента составляет 19% для газодизельной смеси и 24% – для бензина. Из-за большого содержания оксидов серы в ОГ автомобилей, работающих по газодизельному циклу, на долю  $\text{SO}_x$  приходится 19% опасности отработавших газов этих автомобилей. Углеводородные соединения оказывают мало-значимое влияние на формирование совокупной опасности ОГ, так как их доля не превышает 6% для обоих видов топлива. На последнем месте по значимости находится сажа, вклад которой в формирование опасности составляет 3% для газодизельной смеси и 1% для бензина.

Произведенный расчет показывает, что для того, чтобы рассеять вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу с отработавшими газами 505 автомобилями, работающими на бензине, до неопасных для человека концент-



**Рис. 1.** Количество воздуха, требуемого для рассеивания вредных веществ в отработавших газах 505 бензиновых автомобилей, переоборудованных для работы на СУГ в ООО «Оренбурггазпром»



**Рис. 2.** Количество воздуха, требуемого для рассеивания вредных веществ в отработавших газах 58 дизельных автомобилей, переоборудованных для работы по газодизельному циклу в ООО «Оренбурггазпром»

раций, каждую секунду потребуется 61,8 млн. м<sup>3</sup> чистого атмосферного воздуха ( $KOA_{бенз} = 61,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Для рассеивания вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами 58 автомобилями, работающими по газодизельному циклу, до неопасных для человека концентраций, каждую секунду потребуется 5,2 млн. м<sup>3</sup> чистого атмосферного воздуха ( $KOA_{бенз} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Теперь для того, чтобы оценить экологический эффект от использования СУГ вместо бензина и газодизельной смеси вместо дизельного топлива, воспользуемся критерием экологической «приспособленности» топлива  $K_m$  [6], позволяющим оценить вклад различных видов топлива в формирование экологической опасности отработавших газов автомобильных двигателей (табл. 6).

Используя данные табл. 5 и 6 произведем оценку экологической эффективности использования сжиженного углеводородного газа вместо бензина и компримированного природного газа в газодизельном цикле вместо дизельного топлива (рис. 1 и 2).

### Заключение

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что, благодаря принятым в ООО «Оренбурггазпром» мероприятиям по расширению использования газа в качестве моторно-

го топлива и переводу автотранспортных средств на газомоторное топливо, улучшились экологические характеристики автотранспортных средств, переведенных с бензина на СУГ на 12% и на 37% автомобилей, переведенных для работы по газодизельному циклу. В абсолютном представлении совокупный экологический эффект от использования газомоторного топлива в ООО «Оренбурггазпром» условно можно оценить в 10,2 млн. м<sup>3</sup> атмосферного

воздуха, каждую секунду сохраняемого «чистым».

Таким образом, в ООО «Оренбурггазпром» предложен принципиально новый подход к оценке экологической опасности отработавших газов автомобильных двигателей, позволяющий количественно оценить и наглядно продемонстрировать экологическую эффективность от использования альтернативных видов моторного топлива на автомобильном транспорте.

### Литература

1. **В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко.** Промышленно-транспортная экология: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. С. 273.
2. **А.Р. Кульчицкий.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов. – Владимир : Владим. гос. ун-т., 2000. С. 256.
3. **А.А. Цыцур, Е.В. Бондаренко, Г.П. Дворников, Е.А. Старокожева.** Комплексная оценка экологичности автомобиля. – Академический журнал Уральского межрегионального отделения Российской Академии транспорта (УМО РАТ), 2001. № 3-4. С. 74-78.
4. **М.В. Коротков, Е.В. Бондаренко, И.А. Киев.** Оценка экологической опасности выбросов вредных веществ с отработавшими газами большегрузных автомобилей с помощью компьютерной программы. – Известия Самарского научного центра РАН. 2005. Спец. вып., т. 2. С. 251-255.
5. **Е.Н. Пронин.** Природный газ – моторное топливо XXI века. Природный газ в моторе? Вопросы и ответы. – Управление по газификации и использованию газа ОАО «Газпром»: Альбом информационных материалов, сост. Е.Н. Пронин. – М., – 2006. С. 60.
6. **М.В. Коротков, Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов.** Оценка экологической опасности автомобиля, работающего на разных видах топлива. – Автомобильная промышленность. – 2004. – №4. – С. 29-30.

# Подписка – 2008

## 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

### Уважаемые читатели!

Редакция продолжает подписку на 2008 г.

Расценки на подписку на 2008 г. (с учетом почтовых расходов)	Годовая, 6 номеров	Полугодовая, 3 номера
Азербайджан, Армения, Белоруссия, Грузия, Казахстан, Киргизия, Латвия, Литва, Молдавия, Россия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Украина, Эстония	2640 руб. (2400 руб. + НДС 10% 240 руб.)	1320 руб. (1200 руб. + НДС 10% 120 руб.)
Европа	150 евро	100 евро
Австралия и Океания, Азия, Африка, Северная Америка, Южная Америка	220 долл. США	155 долл. США

Отдельные экземпляры журнала – (400 руб. + 10% НДС = 440 руб.) можно приобрести в редакции.  
Электронная версия журнала за 2008 г. (формат PDF, 6 номеров) – 1000 руб., включая НДС 18%.

Годовую подписку на 2008 г. (шесть номеров) можно оформить по факсу, электронной почте или непосредственно в редакции; на II полугодие 2008 г. (3 номера) – также через агентства «Роспечать» (подписной индекс **72149**), «Межрегиональное агентство подписки» (Каталог Российская пресса–Почта России, подписной индекс - **12718**).

### Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210×290 мм)	17 тыс.+18% НДС	820	575
1+1 (разворот, 420×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
½ страницы (210×145 мм)	10 тыс. + 18% НДС	480	330
¼ страницы (105×145 мм)	6 тыс. + 18% НДС	290	200
На обложке			
1-я страница (210×150 мм)	15 тыс. + 18% НДС	725	500
2-я или 3-я страницы (210×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
4-я страница (210×290 мм)	40 тыс. + 18% НДС	1925	1330

### Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы qxd, ai, eps, tiff, cdr.

Носители: CD, DVD, Zip 250.

Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.

Макет должен быть представлен также в распечатанном виде.