



№ 6 (66) 2012 г.

Издается с января 2002 г.

Периодичность – ежемесячно

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Пархоменко Г.Г.

Анализ методов измерения массового расхода сжатого природного газа на АГЗК 3

Амамчян Р., Брагин А., Еремина Н., Игнатьев В., Мильман С., Попов О., Удут В.

Топливная система грузового автомобиля "Газель", работающего на природном газе 10

Третьяков В.Ф., Чан Тхи Куинь Ньы, Третьяков К.В., Французова Н.А., Тальшинский Р.М., Илолов А.М.

Биозтанол – стратегия развития в топливном и нефтехимическом комплексах 14

Мамедова Т.А.

Этилен- и пропиленгликолевые эфиры жирных кислот как антистатические и противоизносные присадки к дизельным топливам 24

Мещеряков С.В., Сушкова А.В., Иванова Е.А.

Комплексное решение проблем переработки нефтяных отходов 28

Седьхи Рухи Б.Ф., Капустин В.М., Третьяков В.Ф.

Изучение влияния добавки ZSM-5 и HZSM-5 к катализаторам каталитического крекинга 31

Заседание рабочей группы по подготовке предложений по использованию природного и сжиженного углеводородного газа в качестве моторного топлива 38

Захаров В.Н., Кубрин С.С., Забурдяев В.С.

Извлечение метана из угольных месторождений России 46

Джереми Хак

Инновации, меняющие лицо газовой отрасли 53

Учредитель –
ООО "Издательство Машиностроение"

Главный редактор,
В.Ф. Третьяков академик РАИН,
д-р хим. наук, профессор

Зам. главного редактора
Н.В. Нефёдова

Председатель редакционного совета,
В.Ф. Корнюшко, д-р техн. наук,
Заслуженный деятель науки и техники РФ

Состав редакционного совета:
А.А. Галушкин (г. Москва)
д.т.н. **С.П. Горбачев**
(ООО "ВНИИГАЗ", г. Москва)
член-корр. АН РТ Г.С. **Дьяконов** (г. Казань, РТ)
д.т.н. **Н.А. Иващенко**
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
д.т.н. **Н.Г. Кириллов**
(ООО "ИИЦ Стирлинг-Технологии", г. Санкт-Петербург)
д.т.н. **Г.К. Лавренченко**
(«УА-СИГМА», Украина)
член-корр. **Ю.Н. Литвишюк**
(НАН Азербайджана, г. Баку)
академик **И.И. Лиштван**
(НАН Беларуси, г. Минск)
академик РАН **С.В. Мещеряков**
(МИНГ, г. Москва)
д.э.н. **А.В. Николаенко** (МГТУ, г. Москва)
О.Н. Румянцева
(ООО "Издательство Машиностроение")
д.х.н. **Р.М. Тальшинский** (ИНХС, г. Москва)
академик НАН РК, Е.М. **Шайхутдинов** (г. Астана, РК)

Редакторы:
М.И. Бирюков
О.Ф. Филоретова

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва, Стромынский переулок, д. 4
Тел. 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
mashpubl@mashin.ru
www.mashin.ru

Подписано в печать 30.08.2012 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 7,85.
Отпечатано в ООО "Белый ветер", 115407, г. Москва,
Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогам):
"Роспечать" – инд. **84180**; "Пресса России" – инд. **39543**; "Почта России" – инд. **10044**

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации ПИ № **ФС77-48491**

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

© "Издательство "Машиностроение", "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2012



**АГЗК «AUTO GAS FILLING COMPLEX+
+ Alternative fuel»**
AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 6 (66) 2012 г.

Published from January, 2002

Periodicity – monthly

A magazine is plugged in List of editions of VAK Minobrnauki Russian Federation

CONTENTS

Parkhomenko G.G.

Analysis methods for measuring mass flow
of compressed natural 3

**Amamchyan R., Bragin, A., Eremina N., Ignatiev V.,
Milman S., Popov O., Udut V.**

The fuel system of the truck "Gazelle", working
on natural gas 10

**Tetyakov V.F., Chan Thi Qing Ny, Tretiakov K.V.,
Frantsuzova N.A., Talyshinski R.M., Ilolov A.M.**

Bioethanol – Development Strategy in the fuel and
petrochemical complexes 14

Mamedova T.A.

Ethylene Propylene glycol esters and fatty acids
as anti-static and anti-wear additives to diesel fuels . . . 24

Meshcheryakov S.V., Sushkova A.V., Ivanova E.A.

Complex problem-solving processing waste oil 28

Sedhi Ruhi B.F., Kapustin V.M., Tretiakov V.F.

Study of the influence of additives ZSM-5
and HZSM-5 to the catalytic cracking Instead
of instructions 31

**Meeting of the Working Group for the preparation
of proposals for the use of natural and liquefied
petroleum gas as a motor fuel 38**

Zakharov V.N., Kubrin S.S., Ziburdyayev B.C.
Extraction of methane from coal deposits in Russia . . 46

Jeremy Hack

Innovations that change the face of the gas industry . . 53

Founder –
LLC "Publishing Machine"

Editor-in-chief:
V.F. Tretiakov – academician RAIN,
dr. khimich. sciences, professor

Chief editor
N.V. Nefedova

Chairman of the editorial board
V.F. Kornyyshko – doctor of Technical Sciences (D.Sc),
Honored Scientist of the Russian Federation

The editorial board:
A.A. Galushkin (Moscow)
d.t.s. **S.P. Gorbachev**
(LLC "VNIIGAZ", Moscow)
corresponding member RT **D.S. Diakonov** (Kazan, RT)

d.t.s. **N.A. Ivashchenko**
(MSTU, Bauman, Moscow)
d.t.s. **N.G. Kirillov**
(LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)

d.t.s. **G.K. Lavrenchenko**
("UA-SIGMAM", Ukraine)
corresponding member **Y.N. Litvishkov**
(National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku)
academician **I.I. Lishtvan**
(NAS of Belarus, Minsk)

academician **S.V. Meshcheryakov** (MING, Moscow)
d.e.s **A.V. Nikolaenko** (MSTU, Moscow)

O.N. Rumyancheva
(LLC "Publishing Machine")
d.h.s. **R.M. Talyshinsky** (TIPS, Moscow)
Academy of Sciences of Kazakhstan, **E.M. Shaikhutdinov**
(Astana, Kazakhstan)

Editors:
M.I. Biryukov
O.A. Filoretova

Computer Design
S.A. Zhirkina

Address and phone edition:
107076, Moscow, Stromynsky per., building 4
Tel: 8 (499) 268-41-77
E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
mashpubl@mashin.ru
www.mashin.ru

The magazine is distributed by subscription, which can be obtained at any post office (directory indexes):
"Rospechat" – ind. **84180**, "The Russian Press" – ind, **39543**, "Mail of Russia" – ind. **10044**

The magazine is registered with the Federal agency for Supervision of Communications, Information Technology and Communications
(Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–48491**

Reprint is possible only with the reference to the journal "Autogas filling complex + alternative fuel"

© "Mashinostroenie Publishers", "Autogas filling complex + alternative fuel", 2012



УДК 681.518.3

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА СЖАТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА НА АГНКС

Г.Г. Пархоменко, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный технический университет"

В статье анализируются косвенный метод измерения массового расхода газа с использованием сужающего устройства и прямой метод динамического измерения массы сжатого природного газа с использованием вибрационного кориолисового преобразователя расхода. На основе анализа формул измерения расхода делаются выводы о пригодности рассмотренных методов измерения к измерению сжатого природного газа на АГНКС.

Ключевые слова: массовый расход, критическое сопло, газодинамическая функция, кориолисов расходомер.

ANALYSIS METHODS FOR MEASURING THE MASS FLOW OF COMPRESSED NATURAL GAS IN THE CNG STATION

G. Parkhomenko, Samara State Technical University

The article analyzes as an indirect measurement method of gas mass flow rate using orifice instruments and direct method for dynamic measurement of the mass of compressed natural gas using Coriolis mass flow meter. On the basis of formulas Flow conclusions about the suitability of the methods considered for use in the measurement of CNG.

Keywords: mass flow, the critical nozzle, gas-dynamic function, coriolis flow meter.

Введение

С начала массового строительства АГНКС в нашей стране отечественными производителями измерительной техники был внедрен в эксплуатацию ряд методов преобразования расхода и автоматизированных средств измерения количества сжатого газа, основанных на различных физических явлениях. В результате их применения на сегодняшний день накоплен опыт эксплуатации, позволяющий выделить их характерные свойства, достоинства и недостатки, и сделать выводы о целесообразности применения того или иного метода измерения сжатого газа в условиях АГНКС.

Задача данной статьи – рассмотреть и проанализировать основные свойства наиболее распространенных методов измерения массового расхода газа. На основе произведенного анализа выделить из них тот метод, который более других удовлетворяет условиям применения в составе ИИС расхода сжатого газа на АГНКС.

Основные свойства объекта измерения

Природный газ на АГНКС, пройдя технологический цикл подготовки, включающий в себя предварительную очистку от механических примесей и капельной влаги, сжатие до давления 24...25 МПа, охлаждение и осушку, накапливается в резервуарах–аккумуляторах. Температура сжатого газа в аккумуляторах в зависимости от вида их размещения (внутри отапливаемого помещения АГНКС, снаружи помещения в подземном бункере, снаружи помещения на открытом воздухе) и режима компримирования может изменяться либо в сравнительно узких пределах 283...313 К, либо в более широких пределах – 243...313 К. Плотность газа при давлении 20 МПа в зависимости от его компонентного состава и температуры может изменяться в пределах 130...180 кг/м³. Из аккумуляторов сжатый газ после предварительного понижения давления до 20 МПа подается в газопровод–коллектор разбора газа на заправку. Заправка автотранспорта производится через газораздаточные колонки, оборудованные переключающим устройством, гибким шлангом с заправочным устройством на конце и манометром, измеряющим давление в газовом баллоне автомобиля при его подключении к заправочному устройству. Газопровод между коллектором разбора и колонкой имеет внутренний диаметр 10...15 мм, условный диаметр переключающего устройства находится в пределах 8...10 мм, внутренний диаметр гибкого шланга находится в пределах 6...10 мм. Пропускная способность газозаправочной колонки по

лаждение и осушку, накапливается в резервуарах–аккумуляторах. Температура сжатого газа в аккумуляторах в зависимости от вида их размещения (внутри отапливаемого помещения АГНКС, снаружи помещения в подземном бункере, снаружи помещения на открытом воздухе) и режима компримирования может изменяться либо в сравнительно узких пределах 283...313 К, либо в более широких пределах – 243...313 К. Плотность газа при давлении 20 МПа в зависимости от его компонентного состава и температуры может изменяться в пределах 130...180 кг/м³. Из аккумуляторов сжатый газ после предварительного понижения давления до 20 МПа подается в газопровод–коллектор разбора газа на заправку. Заправка автотранспорта производится через газораздаточные колонки, оборудованные переключающим устройством, гибким шлангом с заправочным устройством на конце и манометром, измеряющим давление в газовом баллоне автомобиля при его подключении к заправочному устройству. Газопровод между коллектором разбора и колонкой имеет внутренний диаметр 10...15 мм, условный диаметр переключающего устройства находится в пределах 8...10 мм, внутренний диаметр гибкого шланга находится в пределах 6...10 мм. Пропускная способность газозаправочной колонки по



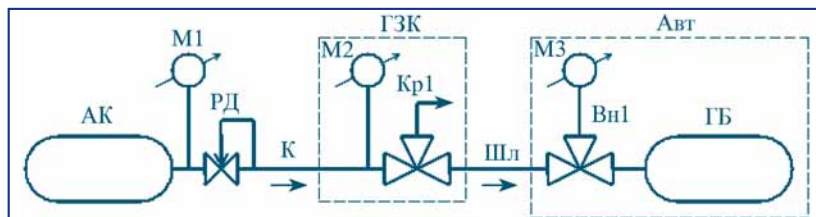


Рис. 1. Схема линии заправки АГНКС:

АК – аккумулятор газа АГНКС; М1 – манометр контроля давления в аккумуляторе; РД – регулятор давления; К – коллектор разбора газа; ГЗК – газозаправочная колонка; М2 – манометр контроля давления в линии заправки; Кр1 – переключающее устройство; Шл – гибкий шланг; Авт – заправляемый автомобиль; М3 – манометр контроля давления в газовом баллоне автомобиля; Вн1 – заправочный вентиль; ГБ – газовый баллон автомобиля

сжатому природному газу равна примерно 2 л/с (0,3 кг/с). Внутренний диаметр отверстия заправочного вентиля автомобиля может быть равен 3 или 5 мм [1].

Первичный преобразователь расхода обычно размещается на входе в колонку между подающим газопроводом и переключающим устройством. Переключающее устройство обеспечивает подачу газа в баллон через заправочное устройство в начале заправки, отключение газа от заправочного устройства и сброс давления с него по окончании заправки. Основные перечисленные элементы линии заправки АГНКС показаны на рис. 1 [1].

Измерение массового расхода газа с помощью критического сопла

В прикладной газовой динамике известен способ измерения массового расхода газа через сопло с использованием формулы Сан-Венана–Венцеля [2]:

$$Q_m = F \sqrt{\frac{2k}{k-1} \rho_0 P_0 \left[\left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}, \quad (1)$$

где P_0 и ρ_0 – параметры газа при нулевой скорости (параметры торможения);

P_0 – давление в аккумуляторе;

ρ_0 – плотность газа в аккумуляторе;

P_a – встречное давление на выходе из сопла;

k – показатель адиабаты газа в аккумуляторе при нулевой скорости;

F – площадь поперечного сечения сопла.

Формула (1) использует отношение встречного давления к давлению торможения $\pi = P_a / P_0$. Это дает возможность использовать для измерений во всем диапазоне измеряемого расхода всего два из-

мерительных преобразователя на полное давление P_0 вместо набора преобразователей перепада давлений на разные пределы измерений, что и послужило предпосылкой для создания простых по устройству ИИС расхода сжатого газа на АГНКС.

В качестве критического сопла наиболее часто применяется сопло с плавно сужающейся входной частью (профилированное сопло), представленное на рис. 2.

Самая узкая часть 2 сопла 1, называемая горловиной, имеет диаметр d . Соотношение диаметра горловины к диаметру трубы $\beta \leq 0,2$. Сужающаяся часть сопла имеет радиус кривизны, приближенно равный диаметру горловины ($R \approx d$) и длину l , также приближенно равную диаметру $l = d$. Давление P_0 перед соплом измеряется датчиком P_1 на расстоянии от передней стенки сопла, приближенно равном внутреннему диаметру трубы D ; встречное давление на выходе из сопла P_a измеряется датчиком P_2 в сечении трубы, лежащим в одной плоскости со срезом горловины сопла; температура газа T_0 перед соплом измеряется датчиком температуры T_1 на расстоянии $2,2 D$ [3].

Течение газа в горловине сопла при фиксированных значениях параметров заторможенного потока газа P_0 , T_0 и ρ_0 и изменяющемся встречном давлении P_a происходит по следующей закономерности: до тех пор, пока давление P_a больше "критического" давления P^* , подсчитанного по параметрам P_0 , T_0 и ρ_0 , любые изменения P_a распространя-

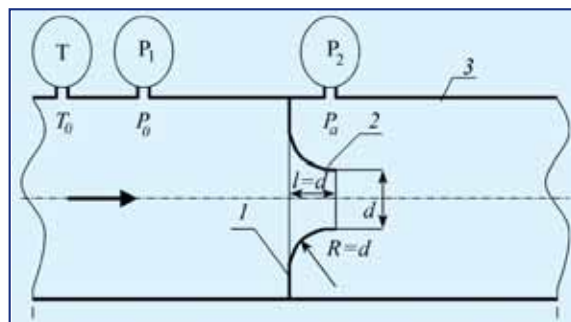


Рис. 2. Схема расходомера с профилированным критическим соплом:

1 – сопло; 2 – горловина сопла; 3 – труба; Т – датчик температуры газа; P_1 – датчик давления газа перед соплом; P_2 – датчик давления газа на выходе из сопла





ются внутрь сопла. В этом случае массовый расход газа определяется по формуле (1).

Когда уменьшающееся встречное давление P_a достигает критического значения P^* , в выходном сечении сопла устанавливается критическая скорость потока w^* , равная местной скорости звука a , препятствующая проникновению изменений давления P_a внутрь отверстия сопла. Установившийся при этом критический перепад давлений, создающий расход газа через сопло, вне зависимости от давления P_a , будет постоянным, а критический массовый расход газа Q_m^* будет также постоянным и максимальным. Это явление получило название "звукового запириания" сопла, при котором резервуар и отверстие сопла оказываются изолированными от внешней среды [4].

Явление звукового запириания приводит к тому, что при критическом и сверхкритическом отношении давлений P_a / P_0 формула (1) перестает правильно описывать массовый расход через сопло. Массовый расход в этом случае должен определяться с учетом критической скорости по формуле [2]:

$$Q_m^* = F \sqrt{\frac{2k}{k+1} \rho_0 P_0 \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{2}{k-1}}}. \quad (2)$$

Критическое отношение давлений $\pi^* = (P_a / P_0)^*$ можно определить, найдя точку, где приращение функции (1) равно нулю. С этой целью функцию (1) исследуют на максимум. Очевидно, что массовый расход достигает максимума, когда разность, заключенная в скобки под знаком квадратного корня, достигает максимального значения. Продифференцировав эту разность по π и приравняв к нулю ее производную, решением полученного уравнения относительно π находят теоретическое выражение для определения критического отношения давлений [3]:

$$\pi^* = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}. \quad (3)$$

Полученное выражение справедливо для течения идеального газа при бесконечно большом удалении стенок резервуара от отверстия сопла. При тении реального газа в трубе критическое отношение давлений π^* определяется по рекурсивной формуле:

$$\pi^* = \left[\frac{k+1}{2} - \left(\frac{k-1}{2}\right)^{\frac{\beta^4 \pi^2}{k}} \right]^{\frac{k}{1-k}}. \quad (4)$$

При выполнении условия $\beta < 0,2$ выражение (4) аппроксимируется формулой (3).

Таким образом, процесс измерения расхода с помощью критического сопла при заправке автомобиля складывается из двух этапов. На первом этапе, при отношении давлений меньше критического $\pi \leq \pi^*$, массовый расход через сопло является постоянным, полностью определяемым параметрами торможения газа P_0 , T_0 , ρ_0 и не зависящим от свойств и давления газа в баллонах автомобиля.

Второй этап заправки начинается при возрастании отношения давлений более критического. На этом этапе массовый расход зависит не только от параметров торможения, но также от давления газа в баллонах автомобиля. В течение второго этапа отношение давлений постепенно возрастает до $\pi = 1$ и массовый расход соответственно уменьшается до нуля. График изменения массового расхода в процессе заправки, отнесенного к критическому расходу Q^* , представлен на рис. 3.

Формулы (1) и (2) определяют теоретический расход идеального газа при адиабатическом истечении без трения газа о стенки сопла. На практике измеренный расход меньше теоретически определенного из-за неизбежных потерь кинетической энергии на трение, которые зависят от формы сопла и термодинамических свойств газа. Форма сужающейся части профилированного сопла обеспечивает малые потери на трение, так как в начале сужения сопла отсутствуют завихрения из-за резкого изменения направления, а в горловине отсутствует дополнительное сужение потока, также приводящее к потерям кинетической энергии. Сравним, как крайние случаи, критические сопла в виде диафрагмы с острой кромкой и профилиро-

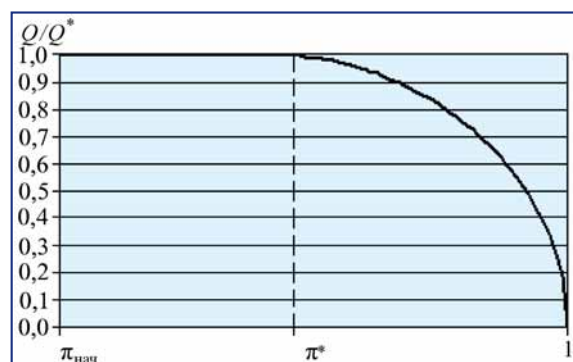


Рис. 3. График изменения массового расхода через критическое сопло при заправке автотранспорта на АГНКС, отнесенного к критическому расходу Q^*



ванное сопло, показанное на рис. 2. Критерием сравнения служит коэффициент расхода:

$$\mu_c = \frac{Q_{мд}}{Q_m}, \quad (5)$$

где $Q_{мд}$ – действительный массовый расход через критическое сопло;

Q_m – теоретический массовый расход через критическое сопло.

Коэффициент расхода по воздуху: для профилированного критического сопла $\mu_c = 0,99$, для критического сопла в виде диафрагмы с острой кромкой $\mu_c = 0,85$. Промежуточные формы сопел, такие как цилиндрическое сопло с коническим входом, коническое сужение (конфузор) имеют коэффициенты расхода μ_c , лежащие между этими крайними значениями [4].

Действительный массовый расход газа через сопло с учетом (5) определяется по формуле:

$$Q_m = \mu_c F \sqrt{\frac{2k}{k-1} \rho_0 P_0 \left[\left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}. \quad (6)$$

Для исследования влияния теплофизических свойств газа на массовый расход, определяемый с помощью критического сопла, удобно использовать газодинамическую функцию (ГДФ) приведенного расхода q [4].

ГДФ приведенного расхода q может быть выражена как функция отношения давлений $q(\pi)$ следующей формулой:

$$q(\pi) = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left(\pi^{\frac{2}{k}} - \pi^{\frac{k+1}{k}} \right)}. \quad (7)$$

Формула (6) определения массового расхода через критическое сопло с использованием ГДФ q преобразуется к виду [4]:

$$Q_m = \mu_c F B q \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}, \quad (8)$$

где T_0 – температура газа при нулевой скорости (температура торможения);

B – коэффициент расхода, связанный с показателем адиабаты природного газа зависимостью:

$$B = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \sqrt{k}. \quad (9)$$

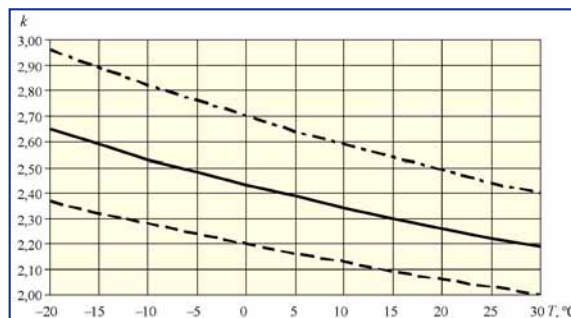


Рис. 4. Графики зависимости показателя адиабаты k природного газа от температуры при абсолютном давлении: \cdots 22 МПа; — 20 МПа; --- 18 МПа

При критическом отношении давлений $\pi \leq \pi^*$ значение ГДФ q считают равным единице и формула (8) принимает вид:

$$Q_m^* = \mu_c F B \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}. \quad (10)$$

ГДФ q (при $\pi = \text{const}$) и коэффициент расхода B зависят от теплофизических свойств природного газа в аккумуляторе, выражаемых через показатель адиабаты k . На рис. 4 приведены графики изменения показателя адиабаты природного газа в зависимости от температуры для трех значений абсолютного давления.

Графики на рис. 4 охватывают температурный диапазон $-20...+30$ °C. Значения показателя адиабаты для природного газа, имеющего плотность при стандартных условиях $0,685$ кг/м³, молярную концентрацию азота $0,8$ % и диоксида углерода $0,005$ %, рассчитаны с помощью программного комплекса "Расходомер-ОМЦ" версии 1.1.0.0 по

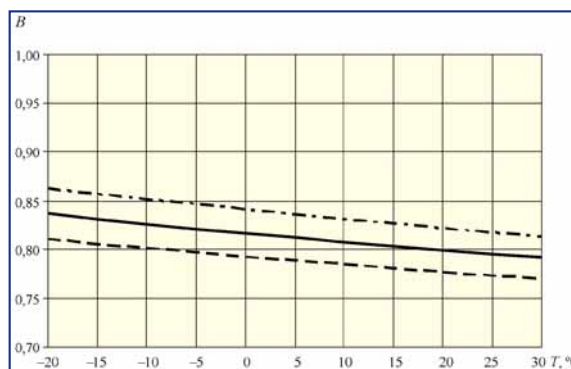


Рис. 5. Графики зависимости коэффициента расхода B природного газа от температуры при давлении: \cdots 22 МПа; — 20 МПа; --- 18 МПа

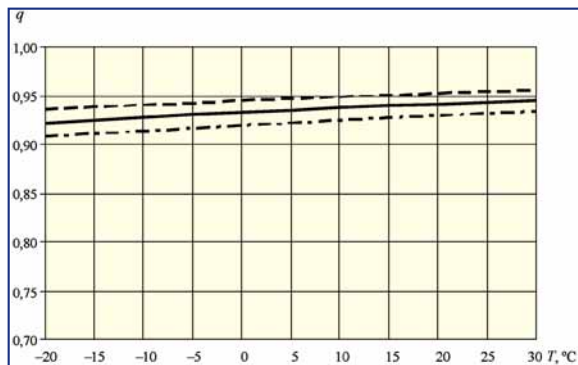


Рис. 6. Графики зависимости ГДФ q природного газа от температуры при отношении давлений $\pi = 0,6$ и давлении торможения:
..... 22 МПа; — 20 МПа; --- 18 МПа

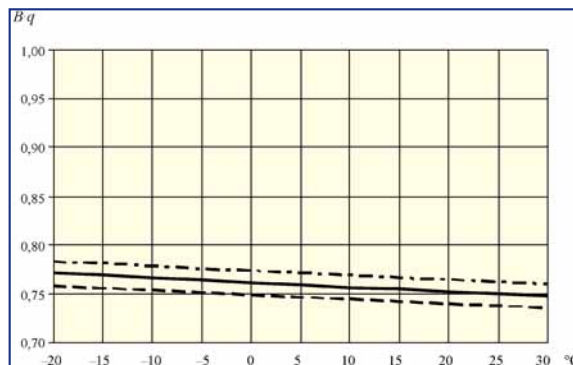


Рис. 7. Кривые зависимости коэффициента расхода Bq природного газа от температуры при отношении давлений $\pi = 0,6$ и давлении:
..... 22 МПа; — 20 МПа; --- 18 МПа

упрощенной формуле (с неполным компонентным составом) методом GERG-91 мод.

Изменения показателя адиабаты k определяют изменения коэффициента расхода B и ГДФ q . Таким образом, изменение коэффициента B находится в зависимости от изменения температуры и давления и характеризует влияние теплофизических свойств природного газа в аккумуляторе газа на измеренное значение массового расхода в режиме критического течения. Графики изменения коэффициента B в зависимости от температуры и давления, рассчитанные по формуле (9), показаны на рис. 5.

Графики изменения ГДФ q в зависимости от изменения температуры, рассчитанные по формуле (7) при фиксированном значении отношения давлений $\pi = 0,6$, показаны на рис. 6.

При перемножении ГДФ q и коэффициента B , являющихся взаимно обратными функциями показателя адиабаты k , происходит частичная компенсация влияния изменений адиабаты на массовый расход. На рис. 7 показаны графики изменения коэффициента Bq при отношении давлений $\pi = 0,6$, обусловленные изменениями показателя адиабаты метана k .

Из графиков на рис. 5 и 7 следует, что погрешность измерений массового расхода, вызванная отклонением показателя адиабаты от условий измерений при настройке ИИС, достигает наибольших значений в режиме критического течения через сопло и непрерывно снижается с уменьшением ГДФ q в режиме субкритического течения.

Относительная погрешность измерений массового расхода по формуле (8), обусловленная вариацией

коэффициента расхода B и ГДФ q при постоянном расходе, определяется формулой:

$$\delta_k = \frac{(B + \Delta B)[q(\pi) + \Delta q(\pi)] F \mu_c \frac{P_0}{\sqrt{T_0}} - Bq(\pi) F \mu_c \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}}{Bq(\pi) F \mu_c \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}} 100\%, (11)$$

где ΔB , $\Delta q(\pi)$ — изменения коэффициента расхода B и ГДФ $q(\pi)$ соответственно, вызванные изменением показателя адиабаты газа.

После соответствующих преобразований формула (11) приводится к виду:

$$\delta_k = \left[\frac{(B + \Delta B)[q(\pi) + \Delta q(\pi)]}{Bq(\pi)} - 1 \right] 100\%. (12)$$

Погрешность δ_k достигает наибольшего значения в области критического расхода, когда исчезает компенсирующее влияние ГДФ $q(\pi)$. В этом случае относительная погрешность определяется по формуле:

$$\delta_k = \frac{\Delta B}{B} 100\%. (13)$$

Определим наибольшую относительную погрешность измерения при изменении температуры газа на 1°C . Для этого вычислим изменение коэффициента B при отклонении температуры газа на $\pm 5^\circ\text{C}$ от температуры градуировки 5°C при давлении 20 МПа.

Среднее значение коэффициента расхода в диапазоне $0 \dots 10^\circ\text{C}$ равно среднему арифметическому от минимального и максимального:

$$B_{\text{cp}} = \frac{0,8163 + 0,8073}{2} = 0,8118.$$



Отклонение коэффициента расхода B от среднего значения составляет:

$$\Delta B = \pm \frac{0,8163 - 0,8073}{2} = \pm 0,0045.$$

Относительная погрешность измерения массового расхода, обусловленная отклонением температуры газа на ± 5 °С, составляет:

$$\delta_k = \pm \frac{\Delta B}{B_{\text{сп}}} 100\% = \pm \frac{0,0045}{0,8118} 100\% = \pm 0,55\%.$$

Таким образом, установлено, что при измерениях массового расхода с помощью критического сопла с применением формул (1) и (2) неизбежно возникает методическая погрешность измерения, обусловленная отклонениями показателя адиабаты сжатого природного газа от условий настройки.

Следует отметить, что способ измерений массового расхода с помощью критического сопла успешно используется для измерений расхода чистых газов при постоянном давлении, воздуха при атмосферном давлении, перегретого водяного пара при постоянном давлении и температуре. В этих случаях обеспечивается постоянство показателя адиабаты. В условиях АГНКС показатель адиабаты сжатого природного газа подвержен значительным вариациям из-за изменений давления и температуры газа, вызванных как технологическим режимом АГНКС, так и суточными и сезонными колебаниями температуры окружающего воздуха. В этих условиях для обеспечения точности измерений требуются особые меры, к которым в идеальном случае можно отнести непрерывную коррекцию показателя адиабаты в вычислительном устройстве ИИС расхода. Это неизбежно ведет к усложнению устройства ИИС и повышению эксплуатационных расходов на ее содержание.

Другой путь повышения точности ИИС расхода сжатого газа при заправке автотранспорта, полностью исключая влияние теплофизических свойств газа на результаты измерений, — это использование прямого динамического измерения массы газа кориолисовыми расходомерами.

Краткое описание конструкции и функции преобразования вибрационного преобразователя массового расхода

Кориолисов расходомер был создан к концу прошлого столетия в результате длительной эволюции гироскопического метода измерения массы продукта, движущегося в закрытом трубопроводе.

Прототипом современных кориолисовых массовых расходомеров является изобретенное и запатентованное в США устройство для измерения массового расхода, основанное на выделении разности фаз колебаний участков изогнутой U-образной трубки, возникающей вследствие воздействия на них знакопеременных сил инерции Кориолиса [5].

Колеблющаяся трубка кориолисового массового расходомера называется вибрационным кориолисовым преобразователем расхода [6].

Вибрационный кориолисовый преобразователь расхода в наиболее простом варианте представляет собой упругий элемент в виде U-образной трубки, жестко заделанной в основании свободными концами входного и выходного участков. Трубка приводится в колебательное движение с угловой частотой ω вокруг оси, проходящей вблизи жесткой заделки свободных концов. При колебаниях консольная часть трубки перемещается в вертикальном направлении со скоростью v . При движении в трубке сжатого газа на консольные участки трубки действуют знакопеременные силы Кориолиса, направленные в противоположные стороны. Вибрационный кориолисовый преобразователь расхода изображен на рис. 8.

На рис. 8 на консольный участок I U-образной трубки на расстоянии от оси $A-A$ действует равнодействующая сил Кориолиса F_{k1} , направленная

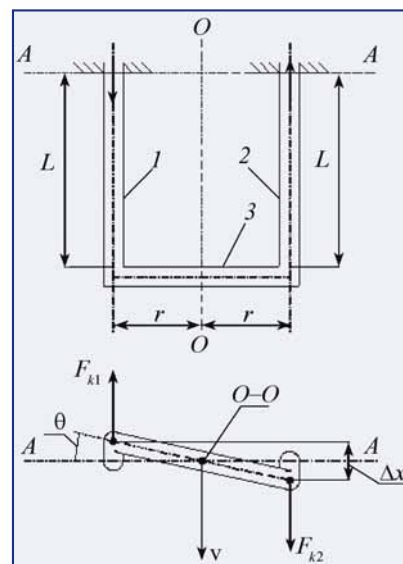


Рис. 8. Деформация вибрационного преобразователя массового расхода под действием сил Кориолиса:

1 — входной консольный участок; 2 — выходной консольный участок; 3 — центральный участок; Δx — взаимное смещение консольных участков 1 и 2 под действием равнодействующих сил инерции Кориолиса F_{k1} и F_{k2} ; θ — угол закручивания U-образной трубки под действием равнодействующих сил инерции Кориолиса



против движения трубки, а на консольный участок 2 также на расстоянии L от оси $A-A$ действует равнодействующая сил Кориолиса F_{k2} , направленная по движению трубки. Действие равнодействующих сил Кориолиса F_{k1} и F_{k2} вызывает относительное смещение по вертикали Δx участков 1 и 2, которое можно рассматривать как угол закручивания θ вокруг оси $O-O$. Колебания каждого консольного участка преобразуются в электрический сигнал. Информативным параметром преобразователя является временной интервал Δt между одинаковыми фазами колебаний консольных участков U-образной трубки [5].

Анализ формулы измерения с помощью вибрационного кориолисового преобразователя расхода

Функция преобразования массового расхода Q_m во временной интервал Δt имеет вид [5]:

$$Q_m = \Delta t \frac{K_S L}{8r^2}, \quad (14)$$

где K_S – жесткость трубки при воздействии на нее моментов сил, создаваемых силами инерции Кориолиса.

Жесткость трубки K определяется взаимным расположением консольных участков, их геометрическими размерами и упругими свойствами материала трубки.

Из (14) следует, что функция преобразования массового расхода во временной интервал полностью определяется упругими свойствами и геометрическими размерами вибрационного преобразователя. На результат измерений оказывают влияние температурные изменения модуля Юнга и коэффициента Пуассона материала трубки, температурное линейное расширение трубки, а также точность измерения временного интервала Δt . Эти влияния могут быть полностью учтены при конструировании расходомера и ИИС расхода сжатого газа на АГНКС. Возникающие вследствие этих влияний погрешности измерения компенсируются схемотехническими методами или исключаются из результата измерения алгоритмическими методами. Свойства же измеряемой среды не оказывают никакого влияния на результат измерения.

Заключение

В результате анализа косвенного метода измерения массового расхода с помощью критического сопла было установлено, что при его использовании в условиях АГНКС расход газа на заправку измеряет-

ся во всем диапазоне без установки дополнительных датчиков и смены сопел. Следует отметить, что рассмотренный метод измерения массового расхода основан на определении скорости потока в сопле с использованием закона сохранения энергии адиабатического процесса, поэтому отклонения теплофизических свойств газа от тех, которые имелись на момент настройки ИИС, приводят к образованию значительной методической погрешности. В связи со спецификой приготовления, хранения и использования сжатого природного газа на АГНКС, его физические свойства, такие как температура и давление в аккумуляторе, а также компонентный состав и плотность, с течением времени изменяются настолько, что вызывают значительную дополнительную погрешность измерения данным методом. Для повышения точности измерений требуется либо использовать в вычислениях расхода обновляемый показатель адиабаты газа, либо производить калибровку ИИС с такой частотой, которая исключает возникновение указанной погрешности.

В результате анализа прямого динамического измерения массы газа с помощью вибрационного кориолисового преобразователя расхода установлено, что в его функции преобразования не используются теплофизические свойства измеряемого природного газа. Поэтому рассмотренный способ измерения не имеет методических погрешностей, связанных с отклонениями теплофизических свойств газа и условий окружающей среды от условий, в которых производилась настройка расходомера. Следовательно, данный способ обеспечит более точное измерение массового расхода сжатого природного газа в условиях АГНКС по сравнению с критическим соплом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев В.Ю., Грищенко А.И., Чириков К.Ю. Газозаправка транспорта. М.: Недра, 1995. 456 с.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М.: Изд-во МЭИ, 2008.
3. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества вещества: справочник. Кн. 1. СПб.: Политехника, 2002. 409 с.
4. Дейч М.Е. Техническая газодинамика. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1961. 670 с.
5. Pat. US4187721 United States / Method and structure for flow measurement / J. Smith; <http://www.sumobrain.com/patents/US4187721.html>.
6. ГОСТ 15528–86. Средства измерений расхода, объема или массы протекающих жидкости и газа. Термины и определения.





ТОПЛИВНАЯ СИСТЕМА ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ "ГАЗЕЛЬ", РАБОТАЮЩЕГО НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

Р. Амамчян, канд. техн. наук, **А. Брагин**, **Н. Еремина**, **В. Игнатьев**;
С. Мильман, **О. Попов**, **В. Удут**, канд-ты техн. наук, сотрудники ОАО "НПО Гелиймаш";
В. Щербинин, ген. директор НПФ "САГА"

Рассмотрена созданная ОАО "НПО Гелиймаш" и ОАО НПФ "САГА" топливная система "Гелий-САГА" для малотоннажного грузового автомобиля "Газель", использующего СПГ в качестве моторного топлива. Приведены результаты тепловых испытаний криогенного бака с вакуумно-многослойной теплоизоляцией и сертификационных испытаний оборудования "Гелий-САГА".

Ключевые слова: СПГ – сжиженный природный газ, криогенный бак, топливная система СПГ, вакуумная многослойная изоляция.

THE FUEL SYSTEM OF THE TRUCK "GAZELLE", RUNNING ON NATURAL GAS

R. Amamchyan, PhD. Technical Science, **A. Bragin**, **A. Eremina**, **V. Ignatiev**;
S. Millman, **O. Popov**, **V. Uдут**, PhD. Technical Sciences – members of OAO "NPO Geliymash",
B. Sherbinin, Director General of NPF "SAGA"

Considered, created by JSC "NPO Gelimash" and JSC APF "SAGA", fuel system "Helium-SAGA" for low-tonnage truck "Gazel", using LNG as a motor fuel. The results of thermal tests of cryogenic tank with vacuum-multilayer insulation and certification tests of the equipment "Helium-SAGA".

Keywords: LNG – liquefied natural gas, cryogenic tank, the fuel system of LNG, vacuum multilayer insulation.

Мировой рынок сжиженного природного газа (СПГ) становится одним из перспективно развивающихся рынков углеводородных топлив.

В США и странах Западной Европы доля СПГ в общем газопотреблении составляет около 20 %.

Сжиженный природный газ, представляющий собой криогенное моторное топливо с большим удельным содержанием связанного водорода, все больше привлекает внимание грузоперевозчиков. В 80-х гг. в России проходили испытания нескольких десятков грузовых автомобилей, работающих на СПГ. В крупных городах США муниципальный транспорт успешно переводится на экологически чистое топливо СПГ и компримированный природный газ (КПГ).

Существенно более высокая по сравнению с КПГ плотность СПГ позволяет минимизировать габариты системы хранения и подачи топлива на борту автомобиля. Замена компримированного природного газа на СПГ значительно улучшает технико-эксплуатационные характеристики автомобилей и приводит: к увеличению запаса хода в 2–3 раза, сохранению грузоподъемности базовой модели, сокращению холостых пробегов для

совершения заправок, повышению уровня безопасности.

Применяя свой большой научно-технический потенциал, накопленный за 80-летний период работы в области создания криогенной техники, ОАО "НПО Гелиймаш" с 1998 г. проводит комплексные опытно-конструкторские работы по использованию СПГ в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте. Работы ведутся по следующим направлениям: создание технологического оборудования для ожижения природного газа, очистки его от различных примесей, долговременного хранения и транспортировки к потребителю, создание современных средств заправки автомобилей СПГ, а также систем питания сжиженным природным газом двигателей внутреннего сгорания, в том числе с использованием холода СПГ для охлаждения изотермического кузова авторефрижератора.

В предлагаемой статье рассмотрена созданная НПО "Гелиймаш" и НПФ "САГА" топливная система "Гелий-САГА" для малотоннажного грузового автомобиля "Газель", использующего СПГ в качестве моторного топлива.





Рис. 1. Общий вид грузового автомобиля "Газель" с СПГ-баком и системой заправки

Общий вид такого автомобиля с СПГ-баком и системой заправки показан на рис. 1.

Топливная система состоит из криогенного топливного бака БКТ-100, редуцирующей и газосмесительной аппаратуры.

Принципиальная схема топливной системы с баком БКТ-100 представлена на рис. 2.

Криогенный сосуд топливного бака имеет объем 100 л, снабжен эффективной вакуумно-многослойной теплоизоляцией (ВМИ), встроенным испарителем для быстрого подъема давления над жидкостью и оснащен стандартной арматурой (в том числе предохранительной), указателем уровня жидкости и датчиком давления.

Испарение отбираемого из бака СПГ и последующий подогрев газа, поступающего в двигатель, осуществляется в компактном трубчатом теплообменнике-испарителе, встроенном в систему охлаждения двигателя.

Топливная система расположена на автомобиле следующим образом. Криогенный сосуд с арматурным шкафом закреплен на лонжероне с правой стороны автомобиля. В моторном отсеке установлены теплообменник-испаритель, а также разработанная фирмой НПФ "САГА" редуцирующая и газосмесительная аппаратура (газовый редуктор, датчик давления, электромагнитные газовый и бензиновый клапаны, смеситель газа). В кабине установлен двухпозиционный переключатель вида топлива с указателем уровня. Дренажный аварийный трубопровод расположен за кабиной.

Одним из основных эксплуатационных требований к криогенному сосуду является достаточно высокая (не менее 3 сут.) длительность бездренажного хранения в нем СПГ. Это обуславливает необходимость обеспечения высо-

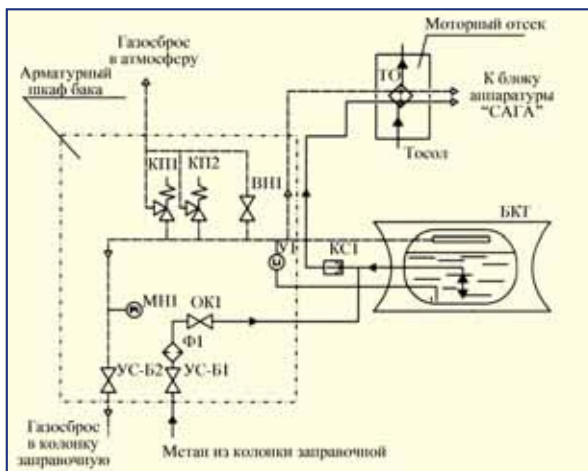


Рис. 2. Принципиальная схема топливной системы с баком БКТ-100:

БКТ – криогенный топливный бак; ВН1 – кран шаровой; КП1, КП2 – клапан предохранительный; КС1 – клапан клапан скоростной; МН1 – манометр; ОК1 – клапан обратный; ТО – теплообменник; У1 – уровнемер; УС-Б1, УС-Б2 – устройство заправочное бортовое; Ф1 – фильтр

кой эффективности системы теплозащиты бака и, в первую очередь, тепловой изоляции. Рис. 3 иллюстрирует зависимость длительности бездренажного хранения СПГ в баке БКТ-100 от типа тепловой изоляции.



Рис. 3. Зависимость длительности бездренажного хранения (t – сутки) СПГ в баке БКТ-100 от коэффициента теплопроводности (λ Вт/(мК)) и типа тепловой изоляции при изменении абсолютного давления в баке от 0,1 до 0,55 МПа:

○ – вакуумно-многослойная изоляция; □ – вакуумно-порошковая изоляция; ▲ – пенополиуретановая изоляция при атмосферном давлении



Таблица 1

Результаты тепловых испытаний БКТ-100 на СПГ

| Параметр | Величина |
|---|----------|
| Длительность заправки, мин | 10...12 |
| Коэффициент заполнения, φ | 0,9 |
| Потери от испарения, г/ч | 35 |
| Длительность бездренажного хранения при $\varphi = 0,85$, в интервале абсолютных давлений, сут.: | |
| 0,1...0,55 МПа | 9,3 |
| 0,25...0,55 МПа | 5,2 |

Применение ВМИ, т.е. наиболее эффективной тепловой изоляции в интересующем нас диапазоне температур, позволяет получить требуемую длительность бездренажного хранения при минимальных массе и габаритах криогенного бака.

В НПО "Гелиймаш" отработаны технологии механизированного монтажа ВМИ, а также создания и поддержания вакуума в изоляционных полостях криогенных сосудов, обеспечивающие стабильное и воспроизводимое качество системы теплозащиты.

В табл. 1 представлены результаты проведенных в НПО "Гелиймаш" тепловых испытаний бака БКТ-100 на СПГ.

На рис. 4 показана расчетная зависимость бездренажного хранения СПГ в баке БКТ-100 от допустимого абсолютного давления над жидкостью.

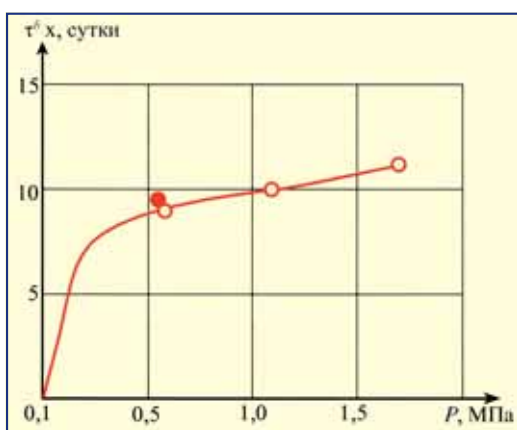


Рис. 4. Зависимость длительности бездренажного хранения СПГ в баке БКТ-100 от допустимого давления:

○ – расчет; ● – испытание

При давлении 0,6 МПа расчет хорошо согласуется с результатами испытаний. Видно, что дальнейшее повышение давления в баке до 1,7 МПа (т.е. почти в 3 раза) дает небольшое (менее чем на 20 %) увеличение длительности бездренажного хранения вследствие существенного ухудшения вакуума в изоляции и, следовательно, возрастания теплопритока к СПГ.

На завершающем этапе обработки топливной системы были проведены сертификация топливного бака БКТ-100 и сертификационные испытания автомобиля ГАЗ 3302 "Газель" с комплектом оборудования "Гелий-САГА" на полигоне НИЦИАМТ (г. Дмитров). Последние включали экспертизу безопасности конструкции и размещения топливной системы на автомобиле, экологические и динамические испытания.

Результаты сертификационных испытаний автомобилей на СПГ по определению выбросов вредных веществ с отработавшими газами представлены в табл. 2 и 3.

Динамические свойства автомобиля определялись в соответствии с ОСТ 37.001.653–99 на стенде с беговыми барабанами при разгоне на прямой передаче с 50 до 80 км/ч. Среднее значение трех измерений времени разгона на бензине составляет 11,0 с, на газе – 10,1 с. Максимальная скорость составила на бензине 116,1 км/ч, на газе – 114,2 км/ч.

Результаты испытаний соответствуют требованиям нормативных документов.

По результатам выполненной работы начато изготовление партии топливных систем "Гелий-САГА" с целью организации на Московском автокомбинате № 41 опытно-промышленной эксплуатации колонны автомобилей, работающих на СПГ.

Таблица 2

Выбросы вредных веществ с отработавшими газами, г/испытание (ОСТ 37.001.653–99), методика ГОСТ 41.83–99 (Правила № 83-02А ЕЭК ООН) испытаний типа 1)

| Наименование компонента | При работе | | Предельные значения Правил № 83-02А |
|--|------------|---------|-------------------------------------|
| | на бензине | на газе | |
| Оксид углерода (СО) | 88 | 41 | 112 |
| Углеводороды и оксид азота (СН+NO _x) | 30,8 | 26,1 | 39,7 |

Таблица 3

Концентрация вредных веществ в отработавших газах при работе на СПГ (методика ГОСТ 41.83–99 испытаний типа 2, на режиме холостого хода, ГОСТ 17.2.2.03–87, ГОСТ 17.2.2.06–99)

| Частота вращения двигателя, мин ⁻¹ | Испытания на СПГ | | Предельные значения | | | | |
|---|------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| | СО, % | СН, млн ⁻¹ | ГОСТ 17.2.2.03–87 | | ГОСТ 17.2.2.06–99 | | Правил №83-02А |
| | | | СО, % | СН, млн ⁻¹ | СО, % | СН, млн ⁻¹ | СО, % |
| 850 (<i>n</i> _{МН}) | 1,1 | 65 | 3,5 | 1200 | 3,0 | 1000 | 3,5 |
| 2700 (<i>n</i> _{НОВ}) | 0,7 | 50 | 2,0 | 600 | 2,0 | 600 | – |

Криогенный топливный бак БКТ-100, созданный в НПО "Гелиймаш", является первенцем типоразмерного ряда криогенных баков, которые разрабатываются для наиболее распространенных в России автомобилей и автобусов. В настоящее время разработана конструкция и изготовлен опытный образец автомобильного топливного бака для СПГ объемом 250 л для автомобилей ЗиЛ и КАМАЗ. Ведется проработка криогенных топливных баков большого объема для большегрузных автопоездов и городских автобусов особо большого класса.

Для успешного продвижения вперед по пути внедрения криогенного топлива СПГ на автомобильном транспорте, по нашему мнению, необходимо использовать уникальные возможности работающей в стране газопроводной транспортной системы и, устанавливая на газораспределительных станциях (ГРС) локальные ожижительные установки производительностью 1000...3000 кг/ч и выше, обеспечивать регионы дешевым моторным топливом СПГ. Указанные установки могут быть изготовлены "НПО Гелиймаш". Сжиженный природный газ доставляется от ожижительных станций автогазовозами непосредственно в места расположения автохозяйств, где производится заправка автомобилей через специальные колонки.

Внедрение СПГ в качестве моторного топлива во многом зависит от внимания центрального и регионального руководства.

Криогенная автомобильная заправочная станция

КриоАЗС состоит из технологического и компрессорного отделений, размещенных в двух 20-футовых контейнерах, криогенной емкости, заправочной и операторной колонок.

Природный газ от газораспределительного пункта газового трубопровода поступает в компрессорное отделение, сжимается до давления 20 МПа, очищается от масла и капельной влаги и подается в технологический отдел, где в блоке очистки проходит тонкую очистку от влаги и углекислоты, охлаждается в теплообменниках и затем сжимается. Сжиженный газ сливается в криогенную емкость и накапливается в ней.

Из криогенной емкости сжиженный природный газ по криогенному трубопроводу с вакуумной изоляцией подается в заправочную колонку. Заправка автомобилей "Газель" осуществляется оператором от заправочной колонки через шланг и пистолет. Время заправки – 7...12 мин.

Технические характеристики КриоАЗС:

| | |
|--|------------------|
| Производительность ожижителя ПГ, л/ч | 50 |
| Максимальное количество СПГ, накапливаемого в криоёмкости, л | 7000 |
| Потребление ПГ из сети ожижителем, м ³ /ч | 60 |
| Давление ПГ на входе в КриоАЗС, МПа (кг/см ²) | 0,25 (2,5) |

Преимущества КриоАЗС:

- исключение необходимости перевозки топлива;
- возможность резервирования топлива;
- возможность использования для заправки компримированным ПГ;
- модульное исполнение.



Россия, 119992, Москва,
Лужнецкая наб., 10а,
ОАО "НПО Гелиймаш"
тел.: 495 257-24-94;
факс: (495) 234-91-11
http:// www.geliymash.ru
e-mail: gmashmrle@ru.ru





УДК 662.754

БИОЭТАНОЛ – СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ В ТОПЛИВНОМ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСАХ

В.Ф. Третьяков, зав. кафедрой ТНХС и ИЖТ, докт. хим. наук, профессор, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова (МИТХТ); **Чан Тхи Куинь Ньы**, аспирант ТНХС и ИЖТ, МИТХТ;
К.В. Третьяков, науч. сотрудник ИНХС, канд. хим. наук, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, **Н.А. Французова**, доцент кафедры ТНХС и ИЖТ, канд. хим. наук, МИТХТ;
Р.М. Талышинский, ведущ. науч. сотрудник ИНХС, д-р хим. наук, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН; **А.М. Илолов**, науч. сотрудник ИНХС, канд. хим. наук, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

Приведены данные, которые иллюстрируют возможности получения широкого спектра органических соединений на основе технического этилового спирта, получаемого из биосырья, что создает вполне реальные экономические предпосылки для его доминирующего положения в структуре производства более дешевых моторных и реактивных топлив и сырья для нефтехимической промышленности, и позволит снизить зависимость от невозобновляемых природных углеводородов, рост цен на которые является характерной чертой настоящего и будущего времени.

Ключевые слова: биоэтанол, цеолитный катализатор, компоненты моторного топлива, ароматические соединения, октановое число.

BIOETHANOL – DEVELOPMENT STRATEGY IN TO FUEL AND PETROCHEMICAL COMPLEXES

V.F. Tretyakov, head of the Department of TNHS and IZHT, doctor of chemical sciences, professor; Chan Thi Quin Ny, graduate student of TNHS and IZHT; **K.V. Tretyakov**, researcher Institute of Petrochemical Synthesis, Ph.D; **N.A. Frantsuzova**, assistant professor of TNHS and IZHT, Ph.D; **R.M. Talyshinsky**, senior Research Fellow Institute of Petrochemical Synthesis, doctor of chemical sciences; **A.M. Ilolov**, researcher Institute of Petrochemical Synthesis, Ph.D.

The primary purpose is the new approach to the production a long range of organic compounds on the basis of ethanol, which used of bio feedstock. The economic and environmental prospects for replacing fossil fuels with alternative fuels are analyzed. Its in production of cheaper motor and jet fuels and raw materials for the petrochemical industry, the increase prices which is a characteristic feature of the present and future tense.

Keywords: bioethanol, zeolite catalyst, fuel, aromatic hydrocarbons, octane number.

В связи с ростом численности населения увеличение нагрузки на окружающую среду резко возрастает, что является характерной чертой промышленной революции, которая в последние годы развивается быстрыми темпами. Нарастание экологической напряженности не только в развитых, но и развивающихся странах ставит серьезные проблемы как международного, так и внутреннего характера и заставляют их нещадно эксплуатировать свои запасы природных, особенно энергетических ресурсов, основными из которых являются нефть, природный газ и каменный уголь. Однако

запасы нефти на планете безграничны и начало XXI в. многие специалисты характеризуют как окончание эры дешевой нефти. Сокращение запасов нефти, пригодной для производства современных моторных топлив, находит отражение в наблюдающейся тенденции удорожания нефтяных топлив и других продуктов ее переработки, используемых в нефтехимической промышленности. Одним из основных направлений развития топливно-энергетического комплекса становится уменьшение его зависимости от нефти путем сокращения объемов потребления нефтяных топлив





за счет использования альтернативных возобновляемых источников сырья.

"Альтернативные топлива" включают в себя вещества, которые могут быть использованы в двигателях внутреннего сгорания или в энергетических установках вместо топлив нефтяного происхождения.

Обычно в качестве альтернативы нефти рассматривают природный газ или уголь, однако они, так же как и нефть, относятся к невозобновляемым источникам энергии, а их сжигание в энергетических установках приводит к увеличению содержания CO_2 в атмосфере, что создает еще немаловажную проблему, связанную с парниковым эффектом.

Пока использование альтернативных нефти горючих веществ, таких как метан, пропан-бутановая фракция, водород, метанол, спирты и эфиры в качестве топлива, ограничено, но в отсутствие нефти они способны заменить традиционные бензин и дизельное топливо. К тому же успехи, достигнутые в разработке альтернативных топлив, показывают, что их применение становится более экологически безопасным, поскольку они обеспечивают более "чистый" выхлоп, а основная концепция энергетики будущего – совместимость с окружающей средой.

В последние годы внимание исследователей всего мира приковано к спиртовым топливам, преимуществам и недостаткам их использования в двигателях внутреннего сгорания. Наибольшее распространение получили низшие алифатические спирты: метанол и этанол. Высшие спирты могут использоваться в качестве стабилизирующих добавок. В настоящее время для производства метанола используют синтез-газ – в основном продукт паровой конверсии метана, а этанол получают прямой гидратацией этилена. Однако в последние годы в связи с дефицитом и увеличением стоимости этилена все большее количество этанола производится из возобновляемого сырья – растительной биомассы [1, 2].

С энергетической точки зрения преимущества спиртов заключаются, главным образом, в их высокой детонационной стойкости, что определяет преимущественное использование спиртов в двигателях внутреннего сгорания с принудительным (искровым) зажиганием. Более полное сгорание спиртового топлива, меньшая температура отработавших газов, интенсивный теплоотвод, а также возможность увеличения степени сжатия делают КПД двигателя, работающего на спиртах, выше, чем при работе на традиционном нефтяном топли-

ве. Кроме того, спирты являются более экологически чистыми топливами, поскольку при их использовании увеличивается полнота сгорания топлива, снижается эмиссия CO и углеводородов, а также уменьшается сажеобразование [3].

В настоящее время одним из возможных главных заменителей нефти рассматривается этанол, полученный переработкой биомассы. Использование этанола в качестве энергетического сырья считается реальным способом снижения выбросов CO_2 в атмосферу. Этанол как топливо по своим эксплуатационным характеристикам лучше метанола. Он менее гигроскопичен, имеет большую теплоту сгорания и меньшую теплоту испарения, и к тому же этиловый спирт гораздо менее токсичен, чем метиловый. Растущий интерес к этанолу обусловлен возможностью его производства из возобновляемого растительного сырья. По существующим оценкам ежегодно в процессе фотосинтеза образуется столько биомассы, что из нее можно выработать энергии в восемь раз больше, чем в настоящее время дает все топливо на основе ископаемого сырья [4]. Ежегодный объем органических отходов (биомассы) в СНГ составляет 500 млн т. Их переработка потенциально позволяет получить до 150 млн т условного топлива в год: 100...110 млн т – за счет производства биогаза (120 млрд m^3), 30...40 млн т – этанола [5].

Переработка биомассы в этиловый спирт является одним из наиболее эффективных способов ее использования. Основное преимущество растительного сырья состоит в том, что для его переработки используются экологически чистые технологии, основанные на процессах конверсии веществ ферментами биологического происхождения [6–11]. Технический этанол получают прямой термофильной анаэробной биоконверсией ассоциациями целлюлолитических и этанологенных бактерий. Отходы и побочные продукты переработки биосырья также могут быть подвергнуты биологической конверсии, что позволяет создавать практически безотходные технологии [6].

Основным производителем этилового спирта в мире является Бразилия. В этой стране весь этанол, а это 15 млрд л/год, т. е. 57 % мирового объема производства, получают из сахарного тростника. В США, которые занимают второе место по объему производства этанола, вырабатывается 14 млрд л спирта в год, в Испании – 225 млн, во Франции – 125 млн л в год [12]. При этом необходимо отметить, что 80 % вырабатываемого в мире биоэтанола используется в качестве автомобильного топлива.



За рубежом в карбюраторных двигателях практическое применение нашли смеси 10...20 % этанола с нефтяными бензинами, получившие название "газохол" [3, 13]. Согласно стандарту ASTM, разработанному национальной комиссией по спиртовым топливам США, газохол с 10 % этанола характеризуется следующими показателями: плотность 730...760 кг/м³, температурные пределы выкипания 25...210 °С, теплота сгорания 41,9 МДж/кг, теплота испарения 465 кДж/кг, давление насыщенных паров (38 °С) 55...110 кПа, вязкость (–40 °С) 0,6 мм²/с [14]. По большинству показателей газохол отвечает требованиям, предъявляемым к автомобильным бензинам.

По результатам испытания бензинов, содержащих 5...10 % этанола, проведенных в ВНИИ НП, такие топливные смеси были допущены к применению в России [15]. В Бразилии с 1930 г. используются топливные смеси, содержащие 2...8 % этанола. Около четверти современного автомобильного парка этой страны работает на спиртосодержащем топливе, которое также называется газохол и представляет собой бензин с добавкой 26 % этанола. Кроме того, в Бразилии в последние годы разработаны двигатели, работающие на этаноле с содержанием его 92, 6% об. В Швеции, Финляндии и США эксплуатируется бензин марки E85, в состав которого входит 85 % этанола [12]. К 2010 г. Европа планирует на 6 %, Китай и Индия на 5 % заменить бензин этанолом собственного производства, получаемого из биомассы.

Абсолютный этанол гигроскопичен в меньшей степени, чем метанол. Тем не менее, в реальных условиях хранения и транспортировки бензино-спиртового топлива неизбежно его обводнение за счет попадания воды в бензин различными путями. Бензино-этанольная смесь поглощает влагу в количестве, пропорциональном содержанию в ней этанола, при этом происходит расслоение смеси, и на дне емкости с топливом образуется водно-спиртовой слой, а содержание этанола в топливе снижается и как следствие уменьшается октановое число топлива. При использовании обводненного этанола в условиях пониженных температур окружающей среды для предотвращения расслоения в смесь необходимо вводить стабилизаторы, в качестве которых используют пропанол, изобутанол и другие спирты. Так, добавка 2,5...3,0 % изобутанола обеспечивает устойчивость смеси этанола, содержащего 5 % воды, с бензином при температуре до –20 °С [12].

Мероприятия по переводу работы двигателя на чистый этанол или смешевое топливо сводятся к

увеличению степени сжатия, вместимости топливного бака и перерегулировке карбюратора для работы при больших расходах на бедных смесях. Благодаря низким температурам горения и повышенной полноте сгорания спиртовых топлив в отработавших газах автомобиля снижается содержание таких токсичных соединений, как оксиды азота, монооксид углерода и канцерогенные ароматические углеводороды, такие как бензаперены. При этом отмечается повышенное содержание ацетальдегида в выхлопе. К тому же из-за низкого давления насыщенных паров и высокой теплоты испарения этанола запуск карбюраторных двигателей невозможен уже при температурах ниже +10 °С. Для улучшения пусковых качеств в спирты добавляют 4...6 % изопентана или 6...8 % диметилового эфира, что обеспечивает нормальный пуск двигателя при температуре окружающего воздуха –20...–25 °С. Для устойчивой работы двигателя при повышенных нагрузках требуется дополнительный подогрев топливной смеси с помощью, например, отработавших газов [2]. Однако при всех экологических преимуществах этанола в холодных районах применение его осложняется из-за указанных технических проблем, особенно связанных с расслаиванием и вымерзанием воды, которую он интенсивно поглощает из воздуха. Поэтому переработка этанола в глобальные виды моторных топлив (бензина, дизельного топлива и др.) – задача весьма актуальная.

В связи с резким ростом цен на нефть и необходимостью экономии ресурсов нефтяных топлив применение биоэтанола как топливной добавки и как сырья для получения синтетического бензина или его высокооктановых компонентов: алкилароматических углеводородов и алканов изостроения, становится реальной альтернативой. Первая попытка в России осуществить реакцию восстановительной дегидратации ряда циклических и алифатических спиртов реализована в ИНХС им. А.В. Топчиева РАН [4, 16, 17], которая приводит к образованию углеводородов линейного и изостроения. Предложенный способ превращения спирта в углеводороды осуществляется на железотитановых гидридных каталитических системах.

С учетом экологических требований, предъявляемых к автомобильному транспорту, особое внимание уделяется углеводородному составу топлив. Именно этим и обусловлен повышенный спрос на изоалканы, которые обеспечивают экологическую приемлемость топлива. Поэтому способ получения изоалканов для моторных топлив из биоэтанола является весьма перспективным по сравнению с



традиционными способами их получения из нефтяного сырья.

Важным стратегическим направлением также является использование этанола как базовое сырье для нефтехимической промышленности. Так в 30-х гг. был реализован промышленный процесс получения бутадиена из биоэтанола по методу С.В. Лебедева, как стадия синтеза искусственного каучука. Однако в последствии биоэтанол был вытеснен из этого процесса более дешевыми углеводородами, получаемыми из нефти.

К проблеме конверсии этанола вернулись только в середине 70-х гг., во время первого нефтяного кризиса, и в связи с появлением катализаторов на основе цеолитов. Было показано, что в декарбонированной форме некоторые цеолиты способны не только осуществлять дегидратацию спиртов, но и проявлять олигомеризующую активность. К настоящему времени в промышленности реализована только технология конверсии метанола, являющаяся стадией процесса превращения угля или природного газа в жидкие углеводороды. Конверсия этанола из-за относительно его высокой стоимости и доминирования нефти как основного углеводородного сырья до промышленной реализации доведена не была.

Нами разработана новая реакция дегидратации ряда алифатических спиртов C_2-C_5 , приводящая к образованию углеводородов, содержащих как минимум удвоенный углеводородный остов исходного спирта. В качестве катализаторов для превращения этанола в углеводороды были выбраны цеолиты ZSM-5 [18] с различными структурирующими добавками.

Обычно для синтеза цеолитов HZSM-5 используются соли тетрапропиламмония [19], благодаря пространственной конфигурации которых атомы кремния и алюминия образуют требуемую структуру цеолита. Производство данных солей сопряжено с реализацией новой сложной технологической схемы, что увеличивает их стоимость и как следствие стоимость получаемого цеолита. В данной работе в качестве структурообразующих добавок были исследованы различные вещества производственного цикла капролактама: основное сырье – гексаметилендиамин (ЦКЕ-Г), и отходы – Х-масло (ЦКЕ-ХМ) и спиртовая фракция (ЦКЕ-СФ), которые обеспечивали различную степень кристалличности получаемых цеолитных катализаторов и в сочетании с различными силикатными модулями существенным образом влияли на конверсию и селективность процесса превращения этанола.

Эксперименты по конверсии этанола проводили на установке проточного типа при температуре 400 °С, давлении до 3 атм, объемной скорости подачи сырья 10 ч⁻¹ в течение 2 ч. Газовую фракцию анализировали в среднем каждые 40 мин, жидкую фракцию анализировали после окончания эксперимента.

Состав газообразных продуктов конверсии этилового спирта определяли хроматографически на приборе "Кристалл Люкс-4000М": насадочная колонка длиной 2 м, диаметром 3 мм, фаза – Porapak Q, газ-носитель гелий 30 см³/мин, термопрограммированный режим 30...150 °С (5 °С/мин). Концентрации газов на выходе из колонки определяли с помощью детектора по теплопроводности. Для точного отнесения пиков проводили калибровку по индивидуальным компонентам (метан, этан, CO₂, пропан-бутановая смесь, изобутилен), так и эксперименты с одновременным детектированием ПИД-катаметр. Анализ жидкой углеводородной фракции проводили на хроматографе "Кристалл Люкс-4000М": капиллярная колонка длиной 30 м, диаметром 3 мм, фаза – SE-30, газ-носитель гелий 20 см³/мин, термопрограммированный режим 30...175 °С (5 °С/мин). Концентрации компонентов на выходе из колонки определяли с помощью пламенно-ионизационного детектора. Для точного отнесения пиков проводили сравнение с методом внутреннего стандарта. В качестве внутренних стандартов использовали химически чистые – н-гексан, н-гептан, циклогексан, н-нонан, н-декан, бензол, толуол, орто-кислород, нафталин, диэтиловый эфир и этанол (96 %). Время выхода остальных компонентов было определено с помощью таблиц удерживания и индексов Ковача.

Результаты наших исследований показали, что на всех синтезированных нами катализаторах была достигнута 100 % конверсия этанола, однако по селективности они существенно различались в зависимости от условий синтеза и природы структурирующей добавки (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что наибольшей селективностью по жидким углеводородам обладает катализатор ЦКЕ-Г, при этом содержание пропан-бутановой фракции достигает 74 % масс., которую можно использовать в качестве бытового топлива или сырья для производства олефинов, включая диеновых, с последующей реализацией их в промышленных процессах получения синтетических каучуков и других полимерных материалов. Катализатор ЦКЕ-ХМ обладает высокой активностью в реак-



Таблица 1

Соотношение продуктов реакции конверсии этанола на цеолитах группы HZSM-5 (Si/Al = 50), приготовленных с различными структурообразующими добавками ($T = 400$ °С, $W_{\text{эт}}(\text{ж}) = 10$ ч⁻¹, $P = 3$ атм)

| Катализатор | Суммарный состав продуктов за 2 ч реакции, % масс. | | | | | |
|-------------|--|-------|--------|------|----------------|----------------|
| | УВ _ж | Метан | Этилен | Этан | C ₃ | C ₄ |
| ЦКЕ-Г | 21 | 0,7 | 1,3 | 3,0 | 41 | 33 |
| ЦКЕ-ХМ | 3 | 2 | 90 | 1 | 2 | 2 |
| ЦКЕ-СФ | 12 | 5 | 10 | 13 | 40 | 20 |

ции дегидратации этанола в этилен, обеспечивая выход этилена до 90 % масс. Поэтому этот катализатор можно использовать для создания технологии получения чистого этилена из этанола. В настоящее время этилен получают в основном крекингом нефтяного сырья, он является одним из основных продуктов нефтехимической промышленности, применяется для синтеза полиэтилена, винилхлорида, этиленоксида и многих других органических веществ. Добавка спиртовой фракции в процессе синтеза цеолита приводит к росту активности катализаторов в реакции олигомеризации по сравнению с добавкой Х-масла. Добавка гексаметилендиамина в ходе синтеза цеолита ZSM также существенно повышает олигомеризующую активность его декатионированной формы в реакции конверсии этанола, увеличивая выход жидких продуктов (см. табл. 1).

Получение из биоэтанола этилена и легких олефинов C₃–C₄, а также жидких алканов и преимущественно ароматических углеводородов, которые могут быть использованы как сырье нефтехимического синтеза или компоненты моторного топлива [18–43], позволит существенным образом расширить сырьевую базу для этих технологий. В работе [20] предложен маршрут реакций каталитического превращения спирта на цеолитсодержащих катализаторах ZSM-5 в углеводороды, где этилен – продукт дегидратации спирта, является промежуточным соединением. Далее происходит образование насыщенных и ароматических углеводородов по реакциям олигомеризации, циклизации, гидрирования. Олефины C₃–C₄ являются сырьем для синтеза многих органических веществ, используются в качестве реагентов процесса алкилирования ароматических углеводородов и мономеров для производства синтетических каучуков. Основ-

ной путь получения пропилена и бутиленов – пиролиз нефтепродуктов. При недостатке нефтяного сырья возможность получения легких олефинов из биоэтанола можно рассматривать как альтернативу существующим промышленным технологиям.

Состав полученного нами углеводородного продукта конверсии этанола приведен в табл. 2. Как видно из табл. 2 выход жидких продуктов составляет 26 % при давлении 3 атм, которые содержат олефины, углеводороды бензинового ряда и широкий набор ароматических углеводородов. Приведенные данные иллюстрируют возможность получения широкого спектра органических соединений на основе технического этилового спирта, получаемого из биосырья, что создает вполне реальные экономические предпосылки для его доминирующего положения в структуре производства

Таблица 2

Состав продуктов конверсии этанола на катализаторе ЦКЕ-Г(Si/Al = 50), % масс.
($T = 400$ °С, $W_{\text{эт}}(\text{ж}) = 10$ ч⁻¹)

| Компонент | $p = 1$ атм | $p = 3$ атм |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Метан | 0,07 | 0,18 |
| Этан | 5,42 | 1,37 |
| Этилен | 2,05 | 1,81 |
| Пропан-пропилен | 24,02 | 29,79 |
| C ₄ -фракция | 33,17 | 31,47 |
| C _{5–7} -фракция | 18,55 | 12,43 |
| C ₈₊ -фракция | 1,18 | 0,89 |
| Бензол | 0,91 | 1,47 |
| Толуол | 5,07 | 6,76 |
| Этилбензол | 1,03 | 1,13 |
| м-, п-ксилолы | 4,84 | 5,40 |
| о-ксилол | 1,14 | 1,46 |
| Метилэтилбензолы | 2,61 | 3,23 |
| Алкилбензолы | 0,67 | 0,97 |
| Нафталины | 0,27 | 1,65 |
| Всего жидкой фракции | 20,61 | 26,20 |
| Из них ароматических | 86,21 | 90,80 |



более дешевых моторных топлив и сырья для нефтехимической промышленности, и позволит снизить зависимость от невозобновляемых природных углеводородов, рост цен на которые является характерной чертой настоящего и будущего времени.

Нами показано, что цеолиты, синтезированные с добавкой гексаметилендиамина, не уступают по активности ранее исследованным традиционным цеолитам HZSM-5, синтезированным с добавкой солей тетрапропиламмония [18]. Ряд активности катализаторов ЦКЕ (Si/Al = 50) в реакции олигомеризации можно представить следующим образом:

ЦКЕ-Г > ЦКЕ-СФ > ЦКЕ-ХМ

Эти данные хорошо согласуются с величиной степени кристалличности образцов, что указывает на прямую связь между этими двумя параметрами, которые в сочетании позволяют существенным образом влиять на состав полученного углеводородного продукта при конверсии этанола, расширяя тем самым технические возможности синтеза различных углеводородов для нефтехимии.

Конверсия этанола на разработанных нами катализаторах типа HZSM-5 приводит к образованию насыщенных и ненасыщенных углеводородов, в том числе толуола, ксилолов и других ароматических углеводородов (см. табл. 2). Октановое число образующегося жидкого продукта при конверсии этанола на цеолите ЦКЕ-Г50 составило 98 по исследовательскому методу, и, учитывая отсутствие в его составе серы и азота, а также низкое содержание бензола, его можно использовать в качестве высокооктанового, экологически более чистого моторного топлива, отвечающего качеству Евро-3, 4 по сравнению с топливом, получаемого из нефти. Кроме того, эти катализаторы можно рассматривать как перспективные для получения из этанола олефинов и ароматических углеводородов – важных продуктов для нефтехимической промышленности.

Таким образом, экспериментальные данные позволяют рассматривать цеолитные катализаторы на основе HZSM-5 как перспективные и открывающие возможность получения этилена, пропан-пропеновой и бутан-бутеновой фракций, углеводородов бензинового ряда и ароматических углеводородов из биоэтанола. В отсутствие нефти получение их из возобновляемого сырья станет необходимостью.

При варьировании состава цеолитного катализатора и условий проведения процесса конверсии этанола можно увеличить содержание тяжелых (в

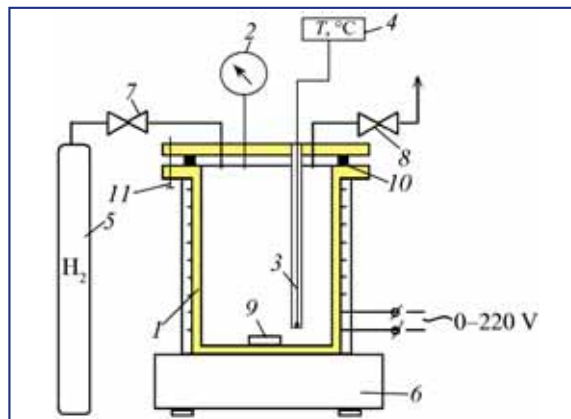


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – автоклав; 2 – манометр; 3 – термометр; 4 – измеритель ОВЕН; 5 – баллон с водородом, 110 атм.; 6 – плитка с магнитной мешалкой; 7, 8 – вентиль; 9 – мешалка; 10 – тефлоновая прокладка; 11 – болт

том числе и с конденсированными ядрами) ароматических углеводородов в жидкой фракции, последующее гидрирование которых водородом позволяет трансформировать их в нафтеновые углеводороды, составляющих основу топлив для реактивных двигателей.

Процесс гидрирования полученной углеводородной фракции проводили в автоклаве объемом 100 мл при давлении водорода 100 атм. в присутствии Pt-содержащего катализатора (промышленный катализатор 3 % Pt на активированном угле). После продувки реактора азотом и водородом реактор нагревали до 250 °С, и при интенсивном перемешивании процесс проводился в течение 3 ч с периодической подачей водорода. После процесса конверсии биоэтанола и после гидрирования газовая и жидкая фазы анализировались на хроматографе "Кристалл-Люкс 4000М".

Схема экспериментальной установки для изучения каталитического гидрирования ароматических углеводородов приведена на рисунке.

С помощью хромато-масс-спектрометра была получена хроматограмма продуктов гидрирования. Из хроматограммы видно, что количество ароматических соединений уменьшается, а количество нафтеновых соответственно увеличивается.

Результаты гидрирования приведены в табл. 3.

Приведенные в табл. 3 экспериментальные результаты показывают, что количество ароматических углеводородов снижается по сумме от 51 %, в зависимости от глубины гидрирования, до



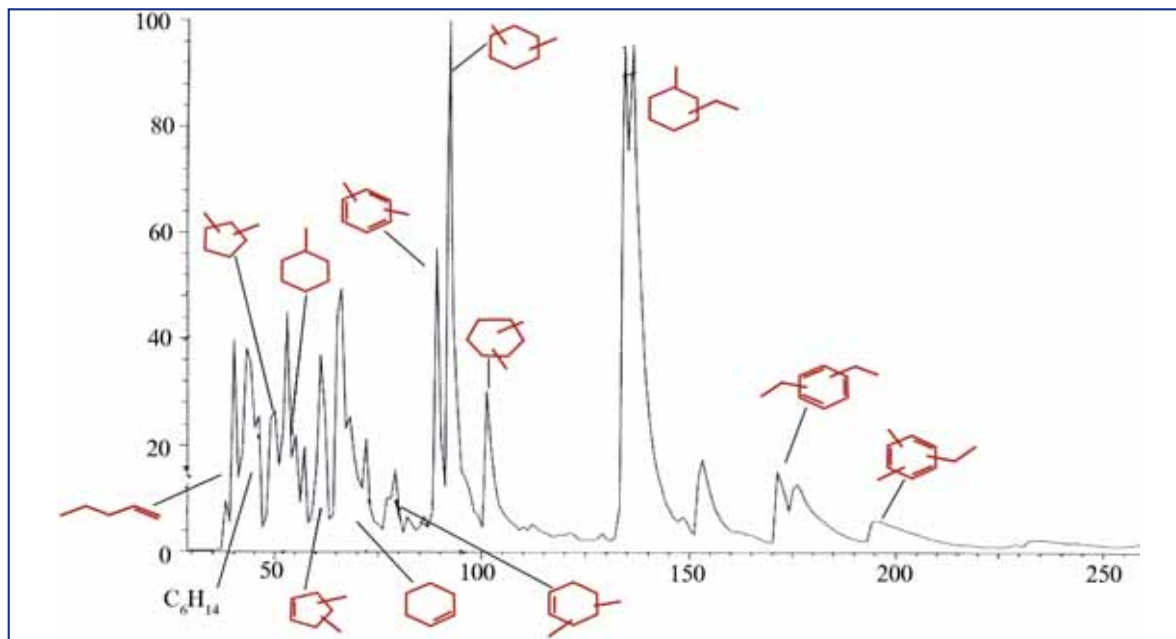


Рис. 2. Хроматограмма продуктов гидрирования

12...21 %. При этом в конечном продукте практически отсутствует бензол. Таким образом, полученная фракция после гидрирования может быть использована как реактивное топливо.

В табл. 4 приведены фактические численные значения нормируемых техническими требованиями основных показателей реактивного топлива. Как видно из таблицы, опытный образец № 4 соответствует нормативным требованиям к синтетическому биотопливу для авиационных газотурбинных двигателей.

Таким образом, впервые в России по Техническим требованиям ЦИАМ в МИТХТ им. М.В. Ломоносова совместно с ЦИАМ созданы опытные образцы жидкого синтетического углеводородного топлива для авиационных газотурбинных двигателей из биосырья.

Для увеличения плотности жидкого углеводородного сырья, получаемого конверсией биоэтанола использовали спиртовые смеси этанол-изопропанол, этанол-бутанол, этано-изобутанол различного соотношения. Влияние других спиртов на качество продуктов, полученных в процессе конверсии указанных смесей приведены в табл. 5.

Из полученных данных видно, что сумма ароматических углеводородов и удельный вес в ней тяжелой фракции существенно возрастает под влиянием изобутанола. Сумма ароматики повы-

шается от 55 до 70 %, а концентрация C_{10} ароматики увеличивается от 18 до 29 %.

Таким образом, разработанная технология для двухстадийного превращения этанола позволяет получать биотопливо с заданными характеристиками, что позволяет рекомендовать рассмотренный каталитический процесс к промышленной реализации.

Представленные данные свидетельствуют, что каталитическая конверсия этанола, полученного ферментацией биомассы, является альтернативой традиционным процессам переработки нефтяного сырья.

В заключение необходимо отметить, что на мировом рынке в последнее время происходит существенное увеличение объемов производства топливного этанола — продукции лучшего качества, более экологичной и социально значимой, способствующей развитию смежных отраслей, обеспечивающих создание дополнительных рабочих мест и, в целом, увеличению ВВП. При этом, если в некоторых случаях стоимость топливного этанола может быть выше нефтяного топлива, в зависимости от ситуации на рынке нефтяного сырья, то во всех странах, производящих биоэтанол, включается государственное экономическое регулирование в виде льготного налогообложения, снижения акцизных сборов и государственных дотаций.

Таблица 3

Результаты гидрирования смесей, полученных конверсией этанола

| Состав жидкой фракции | % масс. | | |
|--------------------------------|-----------------|--------------------|-------|
| | до гидрирования | после гидрирования | |
| | | 1,5 ч | 3 ч |
| C ₁ -C ₂ | 4,19 | 1,42 | 1,0 |
| C ₃ | 8,3 | 7,36 | 6,48 |
| C ₄ | 3,26 | 5,17 | 4,93 |
| C ₅ | 6,91 | 7,21 | 6,99 |
| бензол | 1,08 | 0,01 | 0,01 |
| C ₆ | 11,51 | 22,41 | 22,34 |
| толуол | 4,16 | 0,01 | 0 |
| C ₇ | 10,9 | 24,08 | 27,03 |
| этилбензол | 2,26 | 0,96 | 0,63 |
| мета-, пара-ксилол | 9,01 | 0,42 | 0,33 |
| C ₈ | 0,1 | 1,19 | 1,05 |
| орто-ксилол | 2,03 | 0,25 | 0,21 |
| C ₉ | 3,65 | 9,88 | 18,17 |
| метил-, этил-бензол | 15,53 | 10,05 | 1,34 |
| C ₁₀ ароматика | 17,11 | 9,58 | 9,49 |
| Σ | 100 | 100 | 100 |
| Σ ароматики | 51,18 | 21,28 | 12,01 |

Правительство Бразилии, стимулируя производство топливного биоэтанола, не облагает его акцизными сборами. В США правительство существенным образом влияет на рост производства этанола в стране путем предоставления налоговых льгот компаниям, использующим этанол в производстве моторных топлив, одновременно принимая жесткие экологические стандарты относительно нефтяных бензинов и состояния воздуха в крупных городах. Во Франции и Швеции налоговое законодательство освобождает от налога топлива содержащее биоэтанол, а Европейский парламент в своей резолюции подчеркивает, что в связи с важностью использования биологического топлива для сохранения окружающей среды, а также для повышения его конкурентоспособности на рынке нефтепродуктов, биологическое топливо будет освобождаться от налогов. Украина, Казахстан и страны Балтии идут по пути Европы и разрабатывают специальные законы, стимулирующие производство биоэтанольного топлива.

В настоящее время Россия, обладая значительными запасами нефти, пока остается в стороне от мировых тенденций по производству и применению топливного этанола. В России нет законодательно утвержденного понятия "топливный этанол", а любой производимый этиловый спирт считается пищевым и облагается высоким акцизом. Учитывая высокие темпы мирового развития производства топливного этанола, правительству России необходимо провести значительную реконструкцию экологического законодательства, направленного на сближение с принятыми европейскими нормами. Решив законодательные и технические проблемы и встав на путь развития производства и применения топливного этанола, получаемого из

Таблица 4

Основные показатели реактивного топлива

| Показатель | Нормы по ТТ | Образец | | | |
|---|-------------|---------|-----|-----|--------|
| | | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 |
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не менее | 755 | 775 | 755 | 855 | 790 |
| Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее | 43 120 | | | | 43 100 |
| Высота некопящего пламени, мм, не менее | 25 | | | | 31 |
| Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже | 28 | | | | 25 |



Окончание табл. 4

| Показатель | Нормы по ТТ | Образец | | | |
|--|-------------|------------|-------|-------|----------|
| | | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 |
| Температура начала кристаллизации, °С, не выше | -60 | | | | Ниже -60 |
| Массовая доля ароматических углеводородов, %, не более | 22,0 | 51,18 | 18,64 | 51,39 | 6,9 |
| Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ топлива, не более | 4,0 | | | | 3,0 |
| Массовая доля общей серы, %, не более | 0,1 | Отсутствие | | | |
| Массовая доля нафталиновых углеводородов, %, не более | 1,5 | | | | 0,06 |

Таблица 5

**Продукты конверсии смесей спиртов на цеолитных катализаторах
T = 390...410 °С, объемная скорость (по жидкому сырью) 2 ч⁻¹**

| Компоненты | Этанол | Этанол+пропанол (25 %) | Этанол+бутанол (10 %) | Этанол+ибутанол (25 %) |
|--------------------------------|--------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| C ₁ -C ₂ | 0,5 | 0,88 | 0,15 | 0,18 |
| C ₃ | 0,13 | 0,64 | 4,58 | 5,84 |
| C ₄ | 0,09 | 3,57 | 4,43 | 4,73 |
| C ₅ | 2,52 | 2,31 | 1,41 | 1,50 |
| бензол | 2,54 | 0,83 | 0,48 | 0,71 |
| C ₆ | 35,62 | 21,38 | 13,63 | 9,25 |
| толуол | 0,54 | 11,85 | 13,99 | 12,32 |
| C ₇ | 4,72 | 9,81 | 8,43 | 5,78 |
| этилбензол | 4,41 | 4,44 | 4,68 | 4,37 |
| м-, п-ксилол | 21,54 | 16,65 | 17,36 | 16,64 |
| C ₈ | 0,2 | 1,04 | 0,2 | 0,4 |
| о-ксилол | 4,93 | 4,05 | 3,97 | 3,89 |
| C ₉ | 1,53 | 2,05 | 0,73 | 1,54 |
| метил-, этилбензол | 3,03 | 5,47 | 3,95 | 4,33 |
| C ₁₀ аром | 17,7 | 15,03 | 22,01 | 28,52 |
| Сумма | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Сумма ароматики | 54,69 | 58,32 | 66,44 | 70,78 |

биологического сырья, Россия получит: дополнительный рост ВВП; создание рабочих мест (особенно в депрессивных сельских районах); рост доходов фермеров, оживление региональной экономики; создание альтернативных технологий получения исходных продуктов для нефтехимической промышленности; контроль цен на бензин; чистый воздух в мегаполисах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Розовский А.Я. Диметиловый эфир и бензин из природного газа // Российский Химический Журнал. 2003. Т. XLVII, № 6. С. 53.
2. Третьяков В.Ф., Бурдейная Т.Н. Моторные топлива из нефтяного сырья // Российский Химический Журнал. 2003. Т. XLVII, № 6. С. 48.
3. Данилов А.М., Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки // Российский Химический Журнал. 2003. Т. XLVII, № 6. С. 4.
4. Волков В.В., Фадеев А.Г., Хотимский В.С., Бузин О.И., Цодиков М.В., Яндиева Ф.А., Моисеев И.И. Экологически чистое топливо из биомассы // Российский Химический Журнал. 2004. Т. XLVII, № 6. С. 71.



5. Рыков В. // Энергетика и промышленность России. 2003. № 2.
6. Кухаренко А.А., Винаров А.Ю., Сидоренко Т.Е., Бояринов А.И. Интенсификация микробиологического процесса получения этанола из крахмал- и целлюлозосодержащего сырья. М. 1999. 93 с.
7. Wheals A.E., Basso L.C., Alves D.M., Amorim H.V. Trends in biotechnology. 1997. V. 17, P. 482.
8. Zalvidar J., Nielsen J., Olsson L. Applied Microbiology and Biotechnology. 2001. V. 56. P. 17.
9. Nieves R.A., Ehrman C.I., Adney W.S., Elander R.T., Himmel M.E. // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 1998. V. 14. P. 301.
10. Boudet M., Kajita S., Grima-Pettenati J., Goffner D. // Trends in plant science. 2003. V. 8, P. 576.
11. McMillan J. D. // Renewable energy. 1997. V. 10. P. 295.
12. Рассказчикова Т.В., Капустин В.М., Карпов С.А. // Химия и технология топлив и масел. 2004. № 4. С. 3.
13. Кириллов Н.Г. // Энергетика и промышленность России. 2002. № 3.
14. Терентьев Г.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. М.: Химия, 1989. С. 272.
15. Емельянов В.Е., Аксёнов В.И., Понадий О.М., Онойченко С.Н., Евдукушин С.П. // Нефтепереработка и нефтехимия. 1998. № 11. С. 10.
16. Пат. 2220941 (РФ). Способ получения смеси изоалканов С4–С6 / М.В. Цодиков, В.Я. Кугель, Ф.А. Яндиева, Е.В. Сливинский, Н.А. Платэ, В.П. Мордовин, И.И. Моисеев, А.Е. Гехман. 2004.
17. Цодиков М.В., Кугель В.Я., Яндиева Ф.А., Клигер Г.А., Глебов Л.С., Микая А.И., Заикин В.Г., Сливинский Е.В., Платэ Н.А., Гехман А.Е., Моисеев И.И. // Кинетика и катализ. 2004. Т. 45. № 6. С. 904.
18. Третьяков В.Ф., Макаффи Ю.И., Третьяков К.В., Французова Н.А., Тальшинский Р.М. Каталитическая конверсия биоэтанола в углеводородные топлива // Катализ в промышленности. Биотопливо – энергоносители из возобновляемого сырья. 2010. № 5. С. 11–32.
19. Otake M. // Zeolites. 1994. 14. № 1.
20. Talukdar A.K., Bhattacharyya K.G., Sivasanker S. // Applied Catalysis. 1997. V. 148, P. 357.
21. Le Van Mao R., Nguyen T.M., McLaughlin G.P. // Applied Catalysis. 1989. V. 48. P. 265.
22. Aldrige G. A., Verikios X. E., Mutharasan R. // Industrial and engineering chemistry. Process design and development. 1984. V. 23. P. 733.
23. Costa E., Uguina A., Aguado J., Hernandez P.J. // Industrial and engineering chemistry. Process design and development. 1985. V. 24. P. 239.
24. Oudejans J.C., Van Den Oosterkamp P.F., Van Bekkum H. // Applied Catalysis. 1982. V. 3. P. 109.
25. Пат. 4621164 (США). Hydrocarbon production / M.M. Chang, G.T. Tsao, A.W. Anderson. 1986.
26. Bun S., Nishiyama S., Tsuruay S., Masai M. // Applied Catalysis. 1990. V. 59. P. 13.
27. Le Van Mao R., Levesque P., McLaughlin G., Dao L.H. // Applied Catalysis. 1987. V. 34. P.163.
28. Пат. 4698452 (США). Ethylene light olefins from ethanol. / R. Le Van Mao, H. Dao Le. 1987.
29. Moser W.R., Thompson R.W., Chiang C., Tong H. // Journal of catalysis. 1989. V. 117. P. 19.
30. Nguyen T.M., Le Van Mao R. // Applied Catalysis. 1990. V. 58. P. 119.
31. Le Van Mao R., Nguyen T.M., Yao J. // Applied Catalysis. 1990. V. 61. P. 161.
32. Tsakiris C., Pop G., Ivanescu D., Florea C., Muntean O., Bozga G. // Revista de chimie. 1995. V. 46. P. 214.
33. Vestberg T. Conversion of methanol, ethanol and acetone to hydrocarbons over H-ZSM-5 zeolite in spinning basket reactor // Acta Academia Aboensis. Ser. B. 1985. V. 45. P. 11.
34. Chang C.D., Lang W.H., Smith R.L. // Journal of catalysis. 1979. V. 56, P. 169.
35. Anunziata O.A., Orio O.A., Herrero E.R., Lopez A.F., Perez C.F., Suarez A.R. // Applied Catalysis. 1985. V. 15. P. 235.
36. Пат. 3928483 (США). Production of gasoline hydrocarbons // C.D. Chang, A.J. Silvestri, R.L. Smith. 1975.
37. Пат. 3936353 (США). Conversion of carbohydrate materials to petroleum type hydrocarbons // N.Y. Chen. 1976.
38. Пат. 4156698 (США). Conversion of alcohols or ethers using rare earth crystalline aluminosilicate in an alumina matrix // F.S. Dwyer, A.B. Schwartz. 1979.
39. Пат. 4690903 (США). Process for preparing organic fuels and chemicals from biomass // N.Y. Chen, J.N. Miale. 1987.
40. Choudhary V.R., Sansare S.D. // Applied Catalysis. 1984. V. 10. P. 147.
41. Chaudhuri S.N., Halik C., Lercher J.A. // Journal of molecular catalysis. 1990. V. 62. P. 289.
42. Aguayo A.T., Gaubo A.G., Tarrío A.M., Atutxa A., Bilbao J. // Journal of chemical technology and biotechnology. 2002. V. 77. P. 211.
43. Сеттерфилд Ч. Практический курс гетерогенного катализа. М.: Мир, 1984. 520 с.





УДК 665.753. 4: 547. 7. 033. 23

ЭТИЛЕН- И ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЕВЫЕ ЭФИРЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ КАК АНТИСТАТИЧЕСКИЕ И ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ ПРИСАДКИ К ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВАМ

Т.А. Мамедова, ведущий научный сотрудник Института нефтехимических процессов
НАН Азербайджана, Баку, канд. техн. наук

Исследованы антистатические и противоизносные свойства дизельных топлив с содержанием 0,002...0,01 % этилен- и пропиленгликолевых эфиров жирных кислот растительных масел. Выявлено, что добавление 0,005 % этилен- и пропиленгликолевых эфиров жирных кислот хлопкового, кукурузного и подсолнечного растительных масел к дизельным топливам приводит к уменьшению диаметра пятна износа на 35,1...40,2 % при одновременном увеличении удельной электропроводности до 400 пСм/м.

Ключевые слова: дизельное топливо, биодизель, растительное сырье, экология.

GLYCOL ETHERS OF FATTY ACIDS AS BIFUNCTIONAL ADMIXTURES OF DIESEL FUELS

T. A. Mamedova, senior research fellow of the Institute of Petrochemical Processes of ANAS,
Baku, Ph.D Technical Science

It was determined the optimum conditions for obtaining the anti-wear and anti-static additives based on fatty acids of vegetable oils and dihydric alcohols. It was investigated fuel compositions containing different amounts of ethylene propylene glycol ethers of organic acids of cotton, corn and sunflower oils and concluded that their usefulness as anti-wear and anti-static additives for diesel fuel.

Keywords: disel, bio disel, vegetable raw materials, environment.

В связи с удорожанием нефтяных ресурсов во многих странах мира рынок моторных топлив все больше ориентируется на потребление дизельных топлив. Так, сокращение бензинового фонда для стран ЕС в период с 2007 по 2011 г. составило в целом 10,3 %, из них во Франции – 23,6 %, в Италии – 17,2 %, в Великобритании – 13,5 %. В США уменьшение потребления бензина за тот же период составило 3,08 % при соответственном увеличении доли дизельных топлив. При этом как к качеству дизельных топлив, так и к продуктам их сгорания предъявляются строгие ограничения, в первую очередь, по содержанию серы и полиядерной ароматики.

Производство дизельных топлив с улучшенными экологическими показателями развивается по двум направлениям. Во-первых, это вовлечение в их состав продуктов переработки растительного сырья и их модификаций, во-вторых – снижение содержания в них сернистых, азотных соединений и полициклических ароматических углеводородов за счет гидрогенизационных процессов [1–3].

С одной стороны, снижение содержания серы ведет к общему уменьшению выбросов оксидов серы, отмечается также снижение количества твердых частиц в отработавших газах и образования отложений в топливной системе. С другой – снижение содержания серы приводит к уменьшению смазывающей способности топлива и накоплению статического электричества, что ведет к преждевременному износу узлов и агрегатов топливоподающей системы и увеличивает пожароопасность топлив, так как присутствуют в топливах соединения серы, кислорода или азота, имея постоянный дипольный момент, притягиваются поверхностью металла, создают смазочную пленку, которая уменьшает трение и износ и одновременно снижают удельное объемное сопротивление, способствуя увеличению значений их удельной электропроводности [4, 5].

Для устранения вышеперечисленных недостатков применяются противоизносные присадки, в качестве которых могут быть растительные масла [5], парафиновые углеводороды [6], сложные эфиры ди- и моно-



карбоновых кислот и ди- и полиатомных спиртов [7], нефтяные кислоты [8], спирты [9].

Жесткие нормативы на качество топлив и продуктов их сгорания ограничивают также и выбор сырьевой базы для получения различных добавок к топливам, в том числе и противоизносных. В первую очередь, эти добавки не должны содержать гетероатомных соединений серы, азота, ароматических соединений и, по возможности, быть из возобновляемых видов сырья. Поиск эффективных добавок, имеющих достаточно широкую сырьевую базу и относительно невысокую стоимость, весьма актуален.

Принимая во внимание все вышесказанное, нами была поставлена цель получения кислородсодержащих добавок к дизельным топливам взаимодействием жирных кислот хлопкового, кукурузного и подсолнечного растительных масел с этилен- и пропиленгликолем. Продуктами такого взаимодействия являются сложные эфиры жирных кислот, в молекулах которых наряду со сложноэфирной группой присутствуют также гидроксильные группы, наличие которых обуславливает некоторые характерные особенности полученных соединений в качестве добавок к дизельным топливам.

Синтез этиленгликолевых и пропиленгликолевых эфиров растительных кислот проводился непосредственной этерификацией их этиленгликолем и пропиленгликолем в присутствии катализатора КУ-2 (Н-форма).

Органические кислоты были получены гидролизом хлопкового, подсолнечного и кукурузного растительных масел.

Определение оптимальных условий синтеза этиленгликолевых и пропиленгликолевых эфиров органических кислот растительных масел проводилось при варьировании режимных параметров процесса

(температуры 120...190 °С, продолжительности реакции от 5 до 9 ч) и соотношения реагирующих компонентов кислота/гликоль в пределах 1:1,2 1:4.

Полученные данные позволили выявить оптимальные проведения процесса этерификации органических кислот растительных масел этилен- и пропиленгликолями – температура процесса 190 °С, продолжительность реакции 9 ч, соотношение компонентов кислота/гликоль 1:4.

Свойства полученных эфиров приведены в табл. 1.

Для получения обессеренного дизельного топлива прямогонную дизельную фракцию предварительно подвергли гидроочистке на пилотной установке при температуре 350 °С, давлении водорода 3,0...3,2 МПа, массовой скорости подачи сырья 1 ч⁻¹. Содержание серы в данной фракции составило 0,0042 %, диаметр пятен износа 0,709 мм.

После этого синтезированные этилен- и пропиленгликолевые эфиры органических кислот были добавлены в полученную дизельную фракцию в количестве от 0,002 до 0,01 % мас. и определены диаметры пятен износа для полученных топливных композиций (табл. 2).

Определение пятен износа для полученных топливных композиций производилось на машине трения, разработанной в ИНХП НАНА на основе машины трения КТ-2 и представляющую собой герметичную камеру, заполненную испытуемым топливом, где по трем неподвижным шарам, установленным равномерно по окружности, вращается плоский диск. Установка снабжена системой погружения, позволяющей изменять величину осевой нагрузки, прижимающей плоский диск к шарам, и системой подогрева топлива. Испытания проводились при следующих значениях режимных параметров: скорость скольжения диска относительно шаров 1,17 м/с; осе-

Таблица 1

Физико-химические свойства этилен- и пропиленгликолевых эфиров органических кислот растительных масел

| Показатели | Этиленгликолевый эфир на основе органических кислот растительных масел | | | Пропиленгликолевый эфир на основе органических кислот растительных масел | | |
|---|--|---------------|-------------|--|---------------|-------------|
| | хлопкового | подсолнечного | кукурузного | хлопкового | подсолнечного | кукурузного |
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ | 960,4 | 956,6 | 958,7 | 970,2 | 967,3 | 969,5 |
| Кислотное число, мг КОН/г жирн. кислот | 7,3 | 8,6 | 9,1 | 7,8 | 8,9 | 8,3 |
| Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с | 6,45 | 6,37 | 6,39 | 6,92 | 6,86 | 6,72 |
| Температура застывания, °С | -16 | -18 | -18 | -15 | -16 | -16 |
| Коэффициент преломления, n_D^{20} | 1,3648 | 1,3677 | 1,3689 | 1,4243 | 1,4267 | 1,4253 |
| Йодное число гI ₂ /100 г пр | 33,87 | 52,1 | 49,60 | 31,2 | 50,32 | 48,23 |



Таблица 2

Противоизносные характеристики дизельного топлива при добавлении этилен- и пропиленгликолевых эфиров органических кислот различных растительных масел

| Концентрация добавок, % мас. | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,01 |
|------------------------------|--------------------------|-------|-----------------|-------|
| Эфиры, полученные на основе: | Диаметр пятна износа, мм | | | |
| хлопкового масла | | | | |
| пропиленгликолевый эфир | 0,614 | 0,538 | 0,458 (–35,4 %) | 0,470 |
| этиленгликолевый эфир | 0,582 | 0,500 | 0,436 (–38,5 %) | 0,465 |
| кукурузного масла | | | | |
| пропиленгликолевый эфир | 0,650 | 0,554 | 0,456 (–35,7 %) | 0,470 |
| этиленгликолевый эфир | 0,593 | 0,548 | 0,424 (–40,2 %) | 0,470 |
| подсолнечного масла | | | | |
| пропиленгликолевый эфир | 0,674 | 0,581 | 0,460 (–35,1 %) | 0,485 |
| этиленгликолевый эфир | 0,596 | 0,500 | 0,457 | 0,462 |

вая нагрузка, прижимающая диск к шарам – 100 Н; температура топлива в камере контактирующих поверхностей – 60 °С; продолжительность испытания 30 мин; материал шаров – сталь марки ШХ-15; диаметры пятен износа шаров замерялись на микроскопе с точностью до 1 мкм [10].

Как видно из представленных результатов, уже при содержании испытуемых добавок в топливе в количестве 0,002 % масс. (20 ppm) наблюдается уменьшение пятна износа деталей (от 0,674 до 0,596 мм). Тенденция к уменьшению диаметра пятна износа сохраняется при дальнейшем увеличении содержания синтезированных эфиров в топливе. При содержании добавок в топливе 0,005 % мас. (50 ppm) наблюдается максимальный эффект противоизносных свойств, диаметр пятна износа при этой концентрации добавок составляет от 0,424 до 0,460 мм (уменьшение диаметра пятна износа составляет 35,1...40,2 %), и достигнутая величина диаметра пятна износа удовлетворяет требованиям EN-590.

При дальнейшем увеличении содержания добавок в топливе диаметр пятна износа не меняется, поэтому оптимальной концентрацией синтезированных этилен- и пропиленгликолевых эфиров органических кислот растительных масел в топливе является 0,005 % мас. (50 ppm).

Для сравнения ниже в табл. 3 приведены изменения диаметра пятна износа при использовании наиболее распространенных противоизносных присадок Clariant, BASF, Infineum, Lubrizol, Ciba, Octel, используемых в настоящее время. Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод о том, что полученные гликолевые эфиры растительных масел обладают достаточными противоизносными характеристиками в сравнении с присадками вышеперечисленных марок [11].

Для исследования антистатических свойств гликолевых эфиров жирных кислот растительных масел были приготовлены 0,005 % компаунды их с дизель-

Таблица 3

Изменения диаметра пятна износа при использовании некоторых противоизносных присадок

| Присадка фирмы | Концентрация присадок, ppm | Диаметр пятна износа, мкм | Уменьшение диаметра пятна износа, % |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Дизельное топливо без присадки | 0 | 535 | 0 |
| Clariant | 25 | 426 | 20,3 |
| | 50 | 266 | 50,2 |
| BASF | 25 | 440 | 17,7 |
| | 50 | 367 | 31,4 |
| Infineum | 25 | 400 | 25,2 |
| | 50 | 271 | 49,3 |
| Lubrizol | 25 | 411 | 23,1 |
| | 50 | 334 | 37,5 |
| Ciba | 25 | 441 | 17,6 |
| | 50 | 304 | 43,2 |
| Octel | 25 | 436 | 18,5 |
| | 50 | 306 | 42,8 |



Таблица 4
Электропроводность 0,005 %-ного компаунда синтезированных эфиров с дизельным топливом

| Композиции | Удельная электропроводность, пСм/м | | |
|--|------------------------------------|---------------|-----|
| | в день приготовления | через 30 дней | |
| Дизельное топливо без присадки | 2,0 | 2,0 | |
| Дизельное топливо + 0,005 % этиленгликолевых эфиров жирных кислот: | хлопкового масла | 320 | 350 |
| | кукурузного масла | 283 | 307 |
| | подсолнечного масла | 212 | 285 |
| Дизельное топливо + 0,005 % пропиленгликолевых эфиров жирных кислот: | хлопкового масла | 386 | 400 |
| | кукурузного масла | 231 | 265 |
| | подсолнечного масла | 252 | 280 |

ным топливом и определены электропроводности полученных компаундов.

Электропроводность 0,005 % компаундов на основе прямогонного дизельного топлива и полученных сложных эфиров жирных кислот с этилен- и пропиленгликолями была измерена на аппарате ЭЛ-4М, согласно ГОСТ 25950–83 (табл. 4).

Как видно из представленных результатов, практически все компаунды на основе прямогонного дизельного топлива и синтезированных эфиров жирных кислот растительных масел с этилен- и пропиленгликолями обладают высокими значениями удельной электропроводности. При норме удельной электропроводности 150 пСм/м, приготовленные компаунды с 0,005 % содержания эфиров хлопкового масла имеют удельную электропроводность 320..400 пСм/м. Для компаундов с содержанием эфиров кукурузного и подсолнечного масел удельная электропроводность смесевых топлив несколько ниже (252...307 пСм/м), однако по-прежнему значительно выше допустимого минимального значения.

Для применяемых в настоящее время присадок Stadis 450 (фирмы Ocelt) и Dodistat 5549 (фирмы Clariant), представляющих собой смесь хромпроизводных олеиновой кислоты и фенольного антиоксиданта, добавление присадки в концентрации 30 ppm

обеспечивает электрическую проводимость в пределах 400...500 пСм/м. Однако увеличение значений удельной электропроводности более 300 пСм/м нежелательно, так как чрезмерно высокая электропроводность может оказывать отрицательное влияние на точность показаний топливомеров емкостного типа, устанавливаемых на резервуарах и самолетах [12, 13], и с этой точки зрения использование в качестве антистатической добавки синтезированных этилен- и пропиленгликолевых эфиров представляется более целесообразным.

Исходя из полученных результатов, этилен- и пропиленгликолевые эфиры жирных кислот подсолнечного и кукурузного масел могут быть рекомендованы в качестве противозносной и одновременно антистатической добавки к дизельным топливам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пирьев Н.Н., Пушик Е. // Современная АЗС. 2012. № 1. С. 4.
2. Рустамов М.И., Аббасов В.М., Мамедова Т.А., Пирьев Н.Н. // Экологические проблемы Земли и альтернативные источники энергии. Баку. ЭЛМ. 2008. 717 с.
3. Рустамов М.И. // Каталитические процессы получения высококачественных моторных топлив. Баку, ЭЛМ. 2006. Т. 2. С. 93.
4. Leonard Y.T. // Static Elektriciry in Hydracarbon Lyquids and Fuels. Proc. IX Intern. Conf. on Electrostatics. The Hague. May 6–8. 1981.
5. Аббасов В.М. // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 1988. № 4. С. 25.
6. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. М.: Издательство "Техника", 2002. 64 с.
7. Мельников В.А., Агафонов Д.Ю., Скобелев В.Н., Сердюк В.В., Ашкинази Л.А. // Мир нефтепродуктов. 2004. № 3. С. 8.
8. Гафаров А.Г., Рагимов Ч.М. // Мир нефтепродуктов. 2003. № 3. С.14.
9. Данилов А.М. // Мир нефтепродуктов. 2004. № 2. С. 2
10. Пат. № 2254357. Российская Федерация. 2005.
11. Папок К.К., Рагозин Н.А. Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям. М.: Химия, 1975. 155 с.
12. Митусова Т.Н., Логинов С.А., Полина Е.В. и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. 2002. № 1. С. 28–31.
13. Митусова Т.Н. // Мир нефтепродуктов. 2009. № 9–10. С. 10.





КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ ОТХОДОВ

С.В. Мещеряков, докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой "Промышленная экология" Российского Государственного Университета нефти и газа (РГУ нефти и газа) им. И.М. Губкина;
А.В. Сушкова, канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная экология" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина; **Е.А. Иванова**, магистрант 1 курса РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Авторским коллективом рассмотрены основные проблемы, существующие в сфере переработки нефтяных отходов, а также предложена схема их комплексной утилизации, которая уже сегодня реализуется АНО "Международный центр содействия развитию предприятий по переработке нефтешламов" (АНО "МЦ РППНШ"). Материал будет интересен предприятиям ТЭК, владеющим отходами, а также организациям, занимающимся их переработкой и утилизацией.

Ключевые слова: нефтешламы, нефтяные отходы, утилизация, АНО "МЦ РППНШ", комплексный подход, "экологический ноль".

COMPLEX SOLVING TREATMENT OF OIL WASTE PROBLEM

S.V. Meshcheryakov, Dr. Sc. Sciences, Professor, Head of "Industrial Ecology" of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkin; **A.V. Sushkova**, PhD. Technical Sciences, Associate Professor of "Industrial Ecology" of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkin;
E.A. Ivanova, an undergraduate course of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkin

The basic problems in the field of petroleum refining wastes are considered by a team of authors and the scheme of comprehensive utilization, which is already being implemented by ANO "International Center of Development sludge processing plants" (ANO "MC RPPNSH"), is proposed. The material will be interesting to Energy enterprises holding waste as well as organizations involved in their processing and recycling.

Keywords: oil sludge, oil refuse, recycling, ANO "MC RPPNSH", comprehensive approach, "environmental zero".

Проблема утилизации нефтяных шламов – одна из наиболее острых экологических проблем топливно-энергетического комплекса России. Несмотря на обилие исследований в этой области до сих пор так и не проработан вопрос комплексного подхода к решению проблемы. А без такого подхода невозможно обеспечить нулевой экологический цикл нефтяных шламов и эффективную работу в данной отрасли. На сегодняшний день предприятиями нефтегазового комплекса России накоплено огромное количество нефтяных отходов. По самым скромным подсчетам ежегодное увеличение их количества составляет около 3 млн т. Консалтинговые агентства приводят данные о миллионах тонн накопленных буровых, резервуарных и прудовых шламов.

Несмотря на то, что компании–владельцы нефтяных отходов непрерывно заявляют об успехах в работе по их ликвидации, уменьшению количества порывов нефтепроводов, увеличению затрат на экологические нужды, – в период с 2000 по 2009 г. площадь нефтезагрязненных почв увеличилась в 1,2 раза, акватории поверхностных вод – в 1,16 раза, объем разливов нефтепродуктов в результате аварий нефтепроводов – в 1,53 раза [1, 2].

Приведенные значения дают наглядную количественную картину масштабности проблемы. Тем не менее,

имеются основания полагать, что и эти значения занижены вследствие трудностей в учете данного вида отходов, а нередко и их фактического сокрытия.

На данный момент в области утилизации нефтяных отходов складывается парадоксальная ситуация. С одной стороны, у нефтяных компаний имеется понимание необходимости заниматься переработкой отходов, с другой – существующая номенклатура технологий не имеет возможности осуществить это грамотно и результативно. Ни одна из отдельно существующих сегодня технологий не в состоянии показать "экологический ноль"!

Присутствующие на мировом и российском экологическом рынке фирмы и организации ставят перед собой задачу получения из нефтяных отходов нефтесодержащей массы, которая бы в дальнейшем подвергалась переработке в товарный продукт. Причем эти технологии претендуют на универсальность с надеждой применения для любого вида нефтешламов. Однако, как показывает практика, каждый вид нефтяных отходов имеет свою специфику, разное содержание взвешенных частиц, различный химический состав. Поэтому для решения данной экологической проблемы необходим индивидуальный



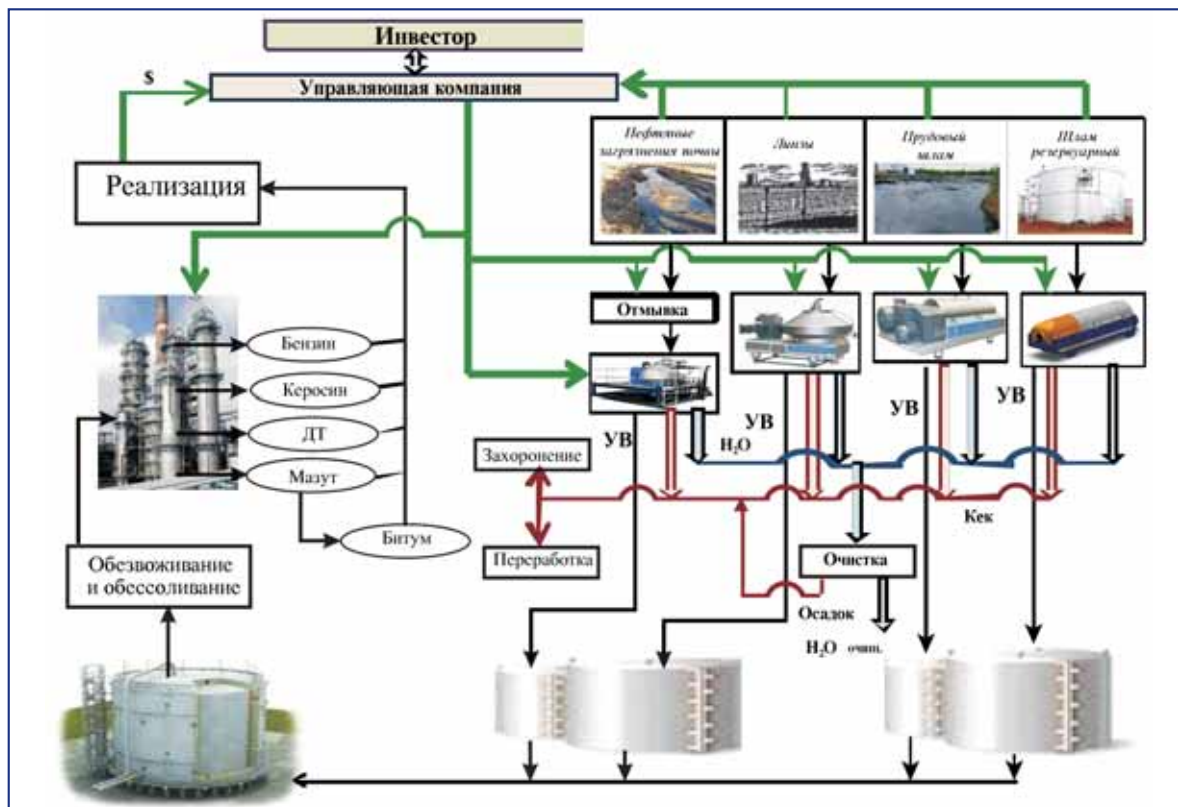


Рис. 1. Схема комплексной переработки нефтяных отходов:
1 – сепаратор (декантер); 2 – резервуар для хранения УВ-смеси

комплексный подход с привлечением различных технологий, которые могли бы решить эти задачи "под ключ".

К сожалению, значительная часть организаций, имеющих лицензию на работу с опасными отходами, не имеет экологически оправданной технологии. Владельцы лицензии вынуждены приобретать технологии, не имея соответствующего опыта работы. В результате зачастую отходы свозятся на полигоны, свалки ТБО и должным образом не утилизируются.

Для выполнения грамотного комплексного решения проблем переработки нефтяных отходов предложена схема организации данного процесса (рис. 1).

На предприятиях нефтяного сектора находится огромное количество нефтяных шламов различной природы: резервуарные, прудовые, разливы нефтепродуктов на грунте, нефтепродукты в линзах, проливы в результате чрезвычайных ситуаций. Так как предприятия, как правило, не обладают необходимыми ресурсами для переработки данного вида отходов (лицензия, технология, оборудование), нефтешламы передаются сторонним организациям.

Свойства шлама в каждой из перечисленных групп неодинаковы, а потому на первой стадии переработки следует применять различные технологии. Нефтезагрязненные грунты подвергаются отмывке, а затем, как и прудовой, резервуарный шлам, нефтепродукты линз, –

сепарации на декантерах с выделением водной фазы, кека и углеводородной составляющей.

Применяя доступные на сегодняшний день технологии, производится очистка воды от загрязнений и доведение ее качества до требований, позволяющих осуществлять сброс в водные объекты или использование для технологических нужд. Шлам водоочистки перерабатывается и захоранивается совместно с кеком.

Углеводородные остатки сепарации каждого вида шламов собираются вместе и готовятся к переработке. При необходимости снижения вязкости, разбавления полученной смеси могут использоваться нефть, конденсат, а при их отсутствии – нефтепродукты, находившиеся в линзах. Углеводородный состав подвергается обезвоживанию, обессоливанию или иным технологическим операциям (например, ультразвуковая обработка, кавитация), позволяющим впоследствии отправить смесь на атмосферную разгонку с получением товарных продуктов (бензин, керосин, дизельное топливо, мазут), которые в дальнейшем реализуются.

Осуществление всех этапов представленной схемы требует четкого руководства и контроля. Для этих целей, а также для финансирования проекта в целом предполагается создание управляющей компании. Именно ей предстоит оплачивать все технологические операции по переработке шламов, начиная с их сепарации и отмывки

и заканчивая процессами, обеспечивающими законченность жизненного цикла отходов. Средства для ассигнования будут поступать как от инвестора, заказчиков работ (владельцев отходов), так и от реализации продуктов переработки шламов.

По инициативе Торгово-промышленной палаты РФ создана Автономная некоммерческая организация "Международный центр содействия развитию предприятий по переработке нефтешламов" (АНО "МЦ РППНШ"). Ее цель – организация взаимодействия и взаимопомощи между предприятиями по утилизации и переработке нефтешламов, опасных промышленных отходов между проектными и исследовательскими институтами, финансовыми структурами, предприятиями-заказчиками. В рамках деятельности АНО "МЦ РППНШ" создан Экспертный совет, включающий представителей Министерства энергетики РФ, Ростехнадзора, Росприроднадзора, Минтранса, нефтяных компаний России. Он призван осуществлять анализ технологических решений на их пригодность к переработке определенного вида отходов с экологической и экономической эффективностью, а также рекомендовать (или не рекомендовать) технологии к использованию. Рабочая группа АНО "МЦ РППНШ" ведет разработку рекомендаций органам законодательной и исполнительной власти Российской Федерации по созданию условий для обязательного применения современных технологий и оборудования для защиты окружающей среды от вновь образующихся и уже накопленных нефтеотходов на предприятиях ТЭК.

Любому участнику рынка – владельцу технологии, лицензии, заказчику – гарантировано участие в проекте на конкурсной основе. Немаловажным направлением работы АНО "МЦ РППНШ" является создание атласа наиболее доступных технологий с тем, чтобы показать, кто и насколько эффективно работает в области переработки нефтяных отходов.

Для реализации описанной выше схемы (которая является всего лишь одним из проектов АНО "МЦ РППНШ") организацией выработан алгоритм, который уже сегодня приводится в действие (рис. 2).

На первом этапе работ производилась аэрокосмическая съемка территорий, отобранных экспертами для реализации проекта, – Саратовская область, Тюменская область, Краснодарский край. На основании интерпретации полученных данных выбран регион – Краснодарский край, на территории которого проведен мониторинг с целью выявления площадей, объемов и концентрации нефтяных загрязнений. На сегодняшний день принимается решение о создании технологического комплекса по утилизации нефтяных отходов в соответствии с предложенной схемой комплексной переработки отходов.

Работу в отрасли осложняет несовершенство законодательной и нормативной базы в вопросах права собст-

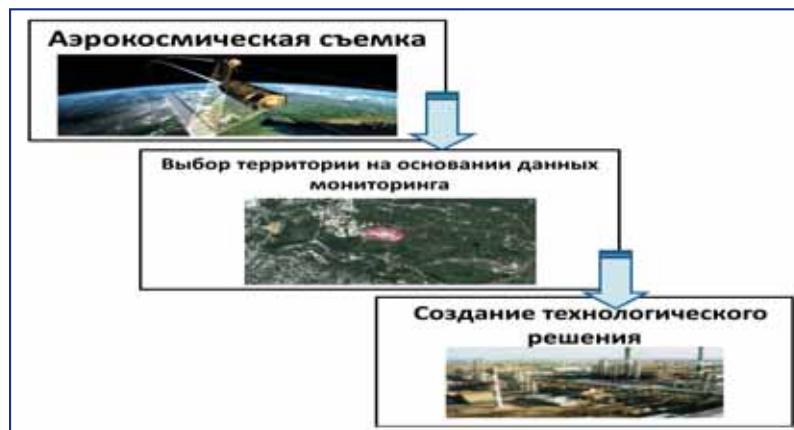


Рис. 2. Алгоритм реализации плана проекта по комплексной переработке нефтяных отходов

венности на отходы, лицензирования деятельности, тендерной системы проведения работ и ряда других. Решение проблемы утилизации нефтяных шламов невозможно без изменений в нормативно-правовой базе. Необходимо пересмотреть вопрос права собственности на отходы, порядка выдачи лицензии на производство работ с опасными отходами, нормативной базы в сторону приближения к мировым стандартам в целом. Важно усовершенствовать классификацию отходов, вредных и опасных веществ, ПДК, ПДВ, ПДС в сторону смягчения, устранить ведомственную разобщенность методик исследований, пересмотреть налоговый кодекс для переработчиков отходов и отношение к тендерной системе. Основопологающим принципом отрасли должен быть принцип, что отходы – это вторичное сырье для получения товарного продукта путем их комплексной переработки. Предприятия должны понимать, что ликвидация отходов – сложная научно-техническая работа, которая стоит немалых затрат.

Немаловажной проблемой является желание каждой компании построить собственную схему переработки отходов, однако нужно понимать, что реализовать эффективный технологический цикл их утилизации в рамках одного предприятия невозможно. Кроме того, необходимым является участие государственных структур и предприятий в сфере переработки нефтешламов – залог успешной экологической политики России в целом. Обеспечить эффективную утилизацию нефтяных шламов возможно только в рамках совместной работы всех заинтересованных сторон.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 г". М., Министерство Природных Ресурсов и Экологии РФ, 2010.
2. Охрана окружающей среды в России. Статистический сборник. М.: Госкомстат России, 2001.



УДК: 665.642.5-404; 662.592.7

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ZSM-5 И HZSM-5 К КАТАЛИЗАТОРАМ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА

Б.Ф. Седгхи Рухи, аспирант Российского государственного университета нефти и газа (РГУ нефти и газа) им. И.М. Губкина; **В.М. Капустин**, д-р техн. наук, зав. кафедрой "Технология переработки нефти" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина; **В.Ф. Третьяков**, зав. кафедрой ТНХС и ИЖТ, д-р хим. наук, профессор, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова (МИТХТ)

Представлены результаты каталитического крекинга вакуумного газойля, позволяющего получать высокооктановые автомобильные бензины и легкие олефины. С целью увеличения выхода пропилена использовали промышленный катализатор каталитического крекинга RD-DMS-PM (компании BASF), содержащего модифицированные добавки в виде порошка цеолита HZSM-5 и микросферический катализатор MOA(40 % ZSM-5) (компании BASF). Каталитическая активность этого катализатора оценена в микрореакторе в неподвижном слое катализатора при 500 °С. Наибольший выход пропилена (11,5 % мас.) был достигнут при добавлении в катализатор RD-DMS-PM 40 % MOA и 8 % цеолита HZSM-5.

Ключевые слова: каталитический крекинг, пропилен, бензин, легкие олефины, цеолитсодержащие добавки.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ADDITIVES ZSM-5 CONTAINING, A MODIFICATION TO A CATALYST FOR OBTAINING LIGHT OLEFINS AND PROPYLENE IN FCC PROCESS

Sedghe Rouhi Babak, graduate student of Gubkin Russian State University of Oil and Gas; **V.M. Kapustin**, doctor of technical sciences, head of the Department of Oil Refining Technologies of Gubkin Russian State University of Oil and Gas; **V.F. Tretyakov**, head of the Department TNHS and IZHT, doctor of chemical sciences, professor

The primary purpose is the new approach to the production of olefins in the process fluid catalytic cracking (FCC) of vacuum gas oil. The catalytic cracking of vacuum gas oil (FCC) catalyst containing novel additives was investigated to enhance propylene yield. A conventional zeolite HZSM-5 and MOA (BASF) were tested as additives to a commercial equilibrium catalyst RD-DMS-PM (BASF). Their catalytic performance was assessed in a fixed-bed micro-activity test unit (MAT) at 500 °C. The cracking activity of all RD-DMS-PM (BASF) /additives did not decrease by using these additives. The highest propylene yield of 11,5 wt. % was achieved over RD-DMS-PM, 40 % MOA and 8 % zeolite HZSM-5.

Keywords: catalytic cracking (FCC), propylene, gasoline, light olefins, zeolite-containing supplements.

Введение

В начале XX в., в период, когда объем переработки нефти непрерывно возрастал, для удовлетворения увеличивающейся потребности в топливе возникла необходимость в очистке образующихся побочных газов. При этом в больших количествах выделялся пропилен, сильно загрязненный различными примесями. При очистке смесей отработанных газов пропилен сравнительно легко поглощался 80...90 %-ной серной кислотой. При этом образовывался изопротилсульфат, переходящий в изопротиловый спирт.

Это привело к созданию производства его как первого нефтехимического продукта в условиях нефтепереработки. В конце 20-х гг. американская фирма Standard Oil Co, ввела в действие первую установку по производству изопротилового спирта. Затем американская фирма Carbon and Carbide Chemicals в период 1934–1939 гг. разработала процессы получения 12 новых продуктов из пропилена, тогда как из этилена производилось только 6 [3]. С этого времени постоянно рос интерес к пропилену. В настоящее время большой спрос на пропилен дела-



ет актуальной задачу увеличения его выработки на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) [2].

В последнее время наметился рост спроса на пропилен, прогнозируемый Консалтингом Южного Исследовательского Института, который превышает в Европе на 4,5...5,0 % в год в течение следующих четырех лет, а в Азии – с еще более сильным ростом – почти на 6 % в год. Следствием этих различных темпов роста является то, что к 2015 г. производство пропилена достигнет 40 % от общего объема спроса на олефины. В настоящее время около 61 % пропилена производится при синтезе этилена, из которых 34 % на НПЗ и менее 3 % на промышленных предприятиях, предназначенных только для получения пропилена [1]. В мире производится более 60 млн т пропилена полимерного и химического сортов (PG/CG). Большая часть выпуска пропилена этих сортов приходится на долю установок пиролиза, где пропилен – побочный продукт производства этилена. Однако спрос на этилен растет медленнее спроса на пропилен. Поэтому идет поиск эффективных методов получения пропилена [7]. Установки флюид каталитического крекинга (FCC) легко переводятся из режима выработки моторных топлив на режим с увеличенной выработки более легких продуктов. В процессе FCC перерабатывается тяжелое и недорогое сырье, а выход пропилена в нем выше, чем выход этилена [2]. Первый процесс FCC в жестких условиях (так называемый "глубокий каталитический крекинг" – DCC) был разработан компанией Sinopec RIPP и внедрен в начале 1990-х гг.

В настоящее время продажа эксклюзивных лицензий к использованию данного процесса осуществляется компанией Shaw Stone & Webster. Технология предназначена, прежде всего, для производства пропилена и бутиленов. При использовании оптимального сырья выход целевого продукта – пропилена – может достигать 23 % масс. [4].

В связи с ростом потребления пропилена, многие ведущие западные компании лицензировали технологии каталитического крекинга, предложив процессы Flexicracking компаний Exxon Mobil (FM) и Orthoflow и Kellogg Brown & Root's (KBR). Все они конвертируют высококипящие углеводороды, включая нефтяные остатки, газойли, экстракты смазочных масел и/или деасфальтизированные масла в высококачественные продукты более чем на 70 установках с суммарной проектной мощностью, превышающей 400 тыс. м³/сут., считая на сырье. ExxonMobile владеет и эксплуатирует 27 установками FCC с суммарной мощностью 1,6 млн брл/сут. Промышленные установки компании Shaw и Axens продали 34 новые установки FCC и выполнили более 160 проектов по реконструкции FCC установок.

Зарубежными компаниями Shell Global Solutions B.V. Lummis Technology, CB&I Indmax FCC (I-FCC,

MAXOFIN, SK/KBR–CNC и Arco/KBR Superflex) спроектировано и продано лицензий более чем на 30 новых установок с повышенным выходом пропилена, включая 7 установок для переработки остаточного сырья и более 30 аналогичных реконструированных установок [4–6].

Российскими нефтяными компаниями также учитывается перспектива роста потребности в сырье для производства полипропилена и другой нефтехимической продукции, как за рубежом, так и внутри страны. Вступление в силу технического регламента, устанавливающего более жесткие нормативы качества автомобильных бензинов уже с 2012 г., влечет за собой необходимость увеличения выработки бутиленов для последующего выпуска алкилата и метилтретбутилового эфира (МТБЭ) в качестве компонентов автомобильных бензинов. Для удовлетворения вышеуказанных потребностей на ряде Российских НПЗ в перспективе планируется сооружение новых установок каталитического крекинга (FCC), ориентированных на максимальное производство пропилена и бутиленов [6].

Для повышения выхода пропилена мы сосредоточили свои усилия на оптимизации катализатора RD-DMS-PM.

Выход легких олефинов растет при применении состава катализаторов, которые характеризуются малой скоростью массопереноса водорода. На таких катализаторах минимизируется насыщение молекул предшественников олефинов и усиливается крекинг этих молекул в целевые олефины. Присутствие редкоземельных элементов (РЗЭ) в катализаторе крекинга влияет на скорость массопереноса водорода. При высоком содержании РЗЭ ускоряется перенос водорода и гидрирование олефинов, как самых легких, так и в бензиновой фракции. При этом замедляется прямое образование олефинов и крекинг пропилена предшественников олефинов в бензиновой фракции и, как итог, снижается выход бутиленов.

В 1980-х гг. для повышения октанового числа (ОЧ) бензина FCC в катализаторы начали вводить добавки, содержащие цеолит ZSM-5. На этом цеолите низкооктановые компоненты бензина, в первую очередь, олефины C₇–C₁₂ и в меньшей степени парафины, селективно крекировались преимущественно в олефины C₃–C₅, которые в дальнейшем могут быть переработаны в высокооктановые алкилаты. Кроме того, разложение низкооктановых компонентов бензина приводило к увеличению в нем доли ароматических углеводородов, из-за чего росло его ОЧ. В противоположность цеолитам Y, на цеолите ZSM-5 выход пропилена увеличивается сильнее, чем выход бутенов. Поэтому эти добавки в основном крекируют олефины бензиновой фракции в легкие олефины. Как следствие, введение большой дозы этих добавок приводит к снижению общей крекирующей активно-



сти катализатора FCC. Целесообразно вводить добавки с высоким содержанием ZSM-5, потому что можно получить хороший прирост выхода пропилена при гораздо меньшей дозировке добавки, т.е. при меньшем разбавлении катализатора крекинга [2].

Было много исследований о влиянии добавок ZSM-5 на селективность процесса FCC [8–9]. Включенные активные компоненты, такие как фосфор и металлы, позволяют прогнозировать преобразование более тяжелых молекул, оптимизацию суммарных составов с высоким уровнем ZSM-5 и использованием Y-цеолитов. Некоторые из предлагаемых подходов предназначены для уменьшения потерь при эксплуатации каталитической системы FCC [10–11]. Использование других типов цеолитов в качестве добавок в катализаторы FCC, таких как морденит, MCM-22, бета, и MCM-68, обсуждались в других работах [12–16]. Бифункциональные ZSM-5 и $MgAl_2O_4$ системы как добавки были использованы для повышения выхода пропилена и для удаления SO_2 в процессе FCC [17].

С учетом растущего интереса к процессу каталитического крекинга с высоким выходом пропилена был выполнен комплекс научно исследовательских работ.

Экспериментальная часть

Основой катализатора был коммерческий равновесный катализатору (перкурсор) типа (RD-DMS-PM), полученный с Московского НПЗ.

В качестве добавок использовали промышленный микросферический катализатор типа, MOA (компа-

нии BASF) и стандартный порошок цеолита HZSM-5.

Процесс каталитического крекинга гидроочищенного вакуумного газойля проводили на лабораторной установке micro activity test catalyst (MAT) по методике ASTM D 3907 при атмосферном давлении и температуре 500 °C с весовой скоростью подачи жидкого сырья 7 ч^{-1} в реакторе проточного типа. В составе тяжелого вакуумного газойля доминировали высококипящие парафиновые углеводороды (16,5 %), нафтены (48 %) и алкилбензолы (34 %). Состав получаемых продуктов приведен в табл. 1.

Был проведен анализ газообразных и жидких продуктов реакции каталитического крекинга. Анализ газообразных продуктов осуществлялся методом газовой хроматографии.

В хроматографе для анализа газа была установлена капиллярная PLOT-колонка HP-PLOT/Q (фирма Varian), которая предназначена для анализа углеводородного газа и газов, содержащих CO_2 и H_2S . Также установлена набивная колонка, заполненная цеолитом CaX, которая используется для анализа неуглеводородных газов и метана (N_2 , O_2 , CO , CH_4).

Фракционный состав жидкого продукта определялся методом имитированной дистилляции, для чего применялся газовый хроматограф с колонкой DB-2887 (фирма Varian) ($L = 30 \text{ м}$, $D = 0,53 \text{ мм}$) и пламенно-ионизационным детектором.

Обсуждение результатов эксперимента

Выход неконденсируемых продуктов представлен в табл. 1.

Таблица 1

Распределение продуктов реакции в процессе каталитического крекинга

| Добавки | RD-DMS-PM без добавки | +40 % MOA | +30 % MOA | +20 % MOA | +10 ; MOA | +16 % HZSM5 | +12 % HZSM5 | +8 % HZSM5 | +4 % HZSM5 |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | Продукты реакции, % масс. при 500 °C | | | | | | | | |
| Газ | 10 | 30,8 | 25 | 25,1 | 22 | 33 | 34 | 36,02 | 25 |
| Сухой газ, в т.ч. | 2 | 8,2 | 5,5 | 5,6 | 4,7 | 11,6 | 10,0 | 11,19 | 6,5 |
| Этилен | 0,4 | 4,3 | 2,7 | 2,7 | 2,0 | 6,2 | 6,0 | 6,4 | 3,7 |
| Пропан-пропиленовая фракция, в т.ч. | 2,7 | 13,4 | 11 | 11 | 9 | 14 | 15,4 | 16,21 | 10,5 |
| Пропилен | 2 | 11,2 | 9,2 | 9,1 | 7,5 | 7,5 | 9,2 | 10,21 | 7,5 |
| Бутан-бутиленовая фракция, в т.ч. | 5,3 | 9,2 | 8,5 | 8,5 | 8,3 | 7,4 | 8,6 | 8,62 | 8,0 |
| Изобутан | 1,5 | 1,97 | 2,6 | 1,9 | 1,9 | 2,6 | 2,9 | 2,51 | 2,35 |



Окончание табл. 1

| Добавки | RD-DMS-PM без добавки | +40 % MOA | +30 % MOA | +20 % MOA | +10 ; MOA | +16 % HZSM5 | +12 % HZSM5 | +8 % HZSM5 | +4 % HZSM5 |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| | Продукты реакции, % масс. при 500 °С | | | | | | | | |
| Бензиновая фракция (нк–200 °С) | 42,0 | 26,3 | 28,2 | 29,5 | 32,1 | 26,0 | 27,5 | 26,44 | 28,4 |
| Легкий газойль (200...320 °С) | 21 | 19 | 20 | 20 | 20,4 | 15,5 | 16,9 | 17,55 | 20,4 |
| Остаток (320 °С) | 22 | 18,4 | 21,4 | 20 | 20,4 | 18,4 | 15,6 | 13,94 | 21 |
| Кокс + потери | 5 | 5,5 | 5,4 | 5,4 | 5,1 | 6,4 | 6 | 6,05 | 5,2 |

Из табл. 1 видно, что при увеличении добавки MOA до 40 % и цеолита HZSM-5 до 8 % достигается максимальный выход газообразных продуктов.

В составе несконденсированных продуктов присутствуют следующие газообразные фракции: сухой газообразный этилен, пропан-пропиленовая фракция (ППФ) и бутан-бутиленовая фракция (ББФ). Наиболее интересными газообразными продуктами являются этилен, пропилен и ББФ.

При добавлении в катализатор MOA селективность и выход пропилена и бутиленов значительно выше, чем выход сухого газа и этилена, по сравнению с добавлением в катализатор цеолита HZSM-5.

Сконденсировавшийся жидкий продукт состоит из бензиновой фракции (НК–200 °С), легкого газойля (200...320 °С), тяжелого газойля (320 °С–КК).

Из табл. 1 следует, что при повышенных количествах добавки отмечается более резкое снижение выхода бензиновой фракции от 42 до 25 %, а выход легкого газойля и тяжелого остатка на 2...3 % уменьшается в противоположность выхода кокса, количество которого увеличивается.

Анализ жидких продуктов каталитического крекинга для определения химического состава, в частности, для определения содержания ароматических углеводородов в составе бензина (рис. 1–3), проводили на хроматомасс-спектрометре Finnigan MAT 95XL (капиллярная колонка Varian VF-5ms, длина 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина фазы 0,25 мкм, газ-носитель – гелий, режим работы: температура инжектора 270 °С, начальная температура печи хроматографа 30 °С, затем в изотермическом ре-

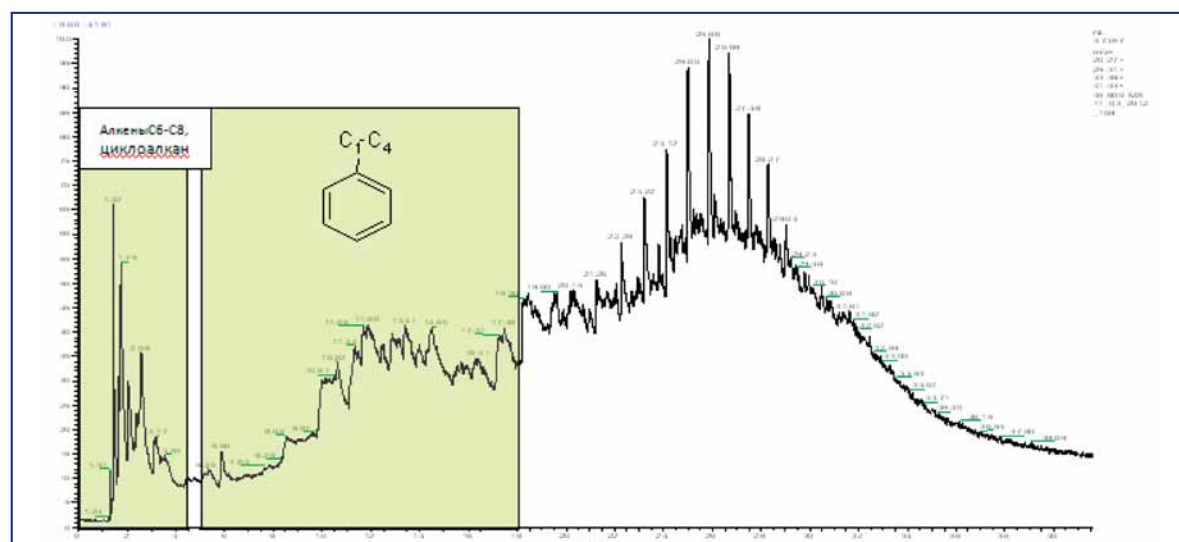


Рис. 1. Анализ жидкого продукта каталитического крекинга с катализатором (RD-DMS-PM)

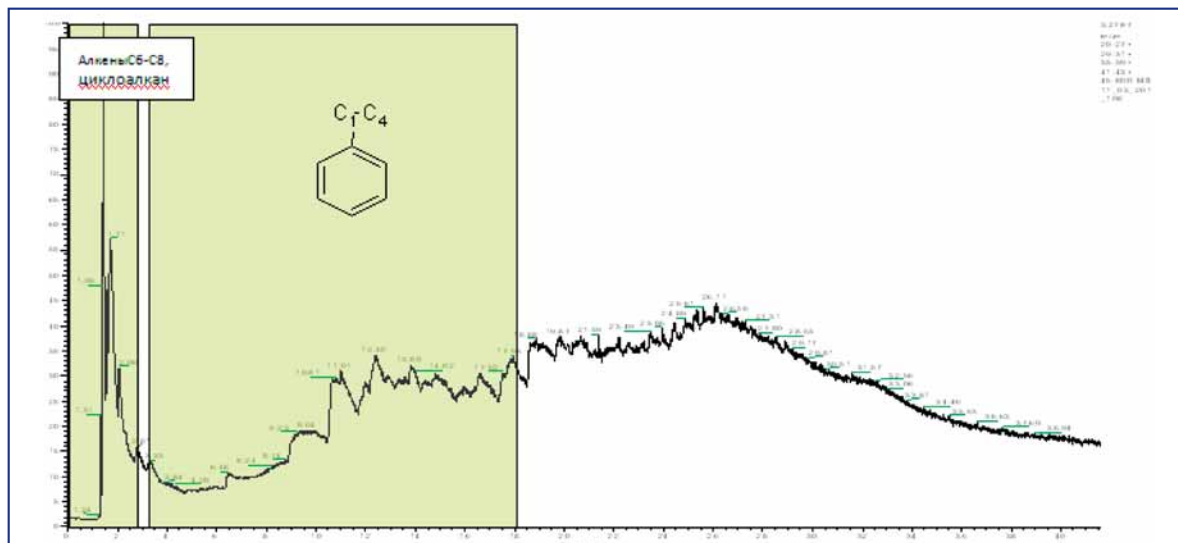


Рис. 2. Анализ жидкого продукта каталитического крекинга с катализатором (RD-DMS-PM+MOA)

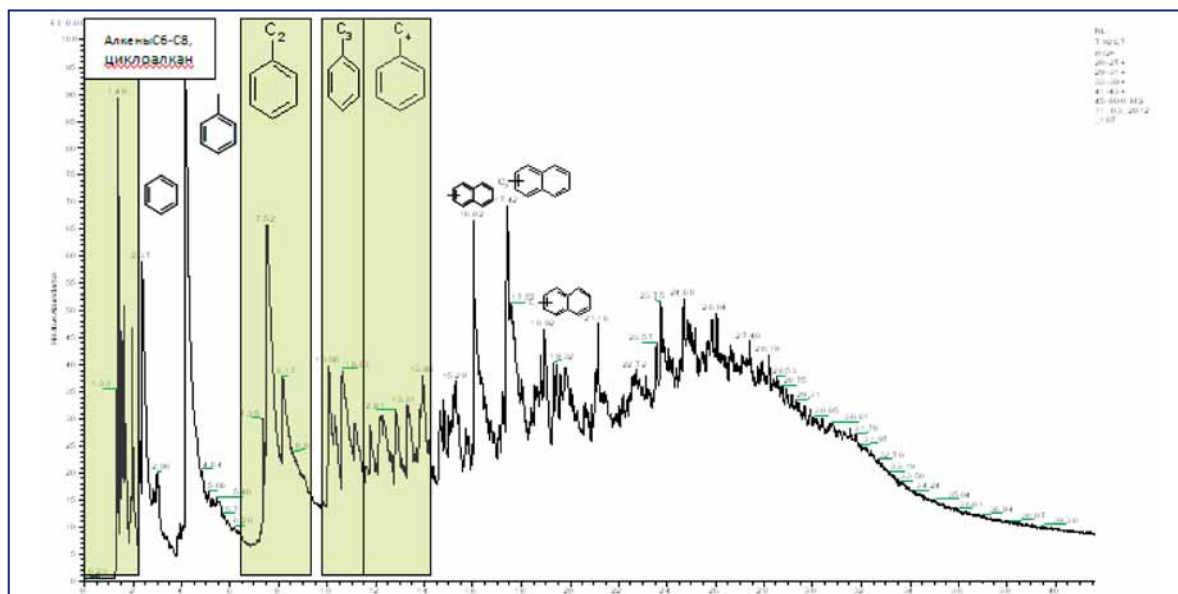


Рис. 3. Анализ жидкого продукта каталитического крекинга с катализатором (RD-DMS-PM+цеолит HZSM-5)

жиме в течение 5 мин с последующим нагревом со скоростью 10 °С/мин до 300 °С). Для идентификации компонентов использовались референсные масс-спектры, представленные в базе данных NIST/EPA/NIH 08. Расчет содержания компонентов проводился, исходя из площадей хроматографических пиков на хроматограмме по полному ионному току без коррекции по эффективности ионизации.

Составы жидких продуктов в крекинге вакуумного газойля при постоянном соотношении C/N для трех

катализаторов приведены в табл. 2. Результаты показывают значительное снижение изопарафинов, n-парафинов, олефинов и нафтенов, а также увеличение ароматических фракций (бензол, толуол и ксилол (БТК)). Ароматические соединения были получены либо циклизацией олефинов или переносом водорода или дегидрогенизацией соответствующих нафтенов [18].

Содержание ароматических углеводородов увеличилось до 57 % масс. для катализатора



Таблица 2

Составы жидких продуктов в крекинге вакуумного газойля

| Продукты | Доля ароматических углеводородов, % масс. | Доля алканов + олефинов + циклических углеводородов, % масс. |
|------------------|---|--|
| RD-DMS-PM | 20 | 80 |
| RD-DMS-PM+MOA | 40 | 60 |
| RD-DMS-PM+HZSM-5 | 57 | 43 |

RD-DMS-PM + цеолит HZSM-5 по сравнению с RD-DMS-PM, где ароматики – 20 % масс. Увеличение содержания ароматических соединений наблюдалось также для RD-DMS-PM+MOA до 40 %. Распределение БТК в жидкой фракции каталитического крекинга для трех катализаторов представлено в табл. 2 и на рис. 1–3.

Заключение

В результате исследования продемонстрировано влияние добавок HZSM-5 и MOA на кислотность, мезопористость и, как следствие, на производительность промышленного катализатора каталитического крекинга типа RD-DMS-PM (BASF) и повышение выхода пропилена. При крекинге гидроочищенного вакуумного газойля Московского НПЗ в присутствии цеолитного катализатора крекинга повышается выход пропилена от 2 % масс. на катализаторе RD-DMS-PM (базовый вариант) до 11,2 % масс. с добавками 40 % MOA и до 10,21 % масс. с добавками 8 % цеолит HZSM-5.

Установлено, что кислотность цеолита и уменьшение массового переноса водорода оказались важными параметрами для увеличения выхода пропилена и других легких олефинов на катализаторах крекинга. Олефины, затрачиваемые на реакции переноса водорода, были подавлены, и вторичные реакции были снижены из-за более короткого времени пребывания и быстрого вымывания первичных продуктов крекинга в случае использования указанных добавок. Увеличение выхода легких олефинов было связано с высокой активностью добавок при протекании реакции переноса водорода. Результаты анализа материального баланса процесса показали, что углеводородные потери были связаны в основном с крекингом изопарафинов и олефинов, содержащихся в бензине.

Преимущества использования MOA в качестве добавки в процессе FCC проявляются на низком уровне выхода сухого газа в газовых продуктах при малом содержании олефинов и высоком октановом числе для

бензиновой фракции. Для всех добавок октановое число бензина увеличилось на 7–12 пунктов в связи со значительным увеличением содержания ароматических соединений. Ароматические соединения увеличились от 20 % масс. до 40...57 % масс. в продуктах, полученных в реакции с модифицированным катализатором RD-DMS-PM.

Предложенные новые модифицированные катализаторы легко могут быть реализованы в промышленном масштабе, обеспечивая снижение себестоимости выпускаемой продукции в процессе FCC.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Азнали Р.Р., Арсланов М.М., Ахметова А.Ф., Балуюв А.Г. Уфимский государственный нефтяной технический университет // Oil and Gas Business. 2009.
2. Имхоф П., Раутгайнен Э. Albermale Catalysts Co. Вв. Амерсфоорт. Нидерланды. и Х. Гонсалес. LC. Хьюстон. шт. Техас. США // Нефтегазовый журнал. 2006. С. 87–89.
3. Андреас Ф., Греббе К. Химия и технология пропилена. Л.: Химия. 1973. С. 8.
4. Бауен К., Харрис П. (Компания Shaw Stone & Webster) // Мир нефтепродуктов. 2008. № 1. С. 22–26.
5. Справочник процессы нефтепереработки (Refining process 2008) // Нефтегазовые Технологии, М.: Топливо и энергетика. 2009. С. 64–65.
6. Соляр Б.Э., Аладышева Э.З., Мнёв М.В., Попов В.Н., Глазов Л.Ш., Климцева Е.А., Филкого Н.А. ООО "Автотехпроект" // Химия и технология топлив и масел. 2010. № 2. С. 25–30.
7. Мировой рынок пропилена. Отчет Академии Конъюнктуры Промышленных Рынков. 2009 г. <http://www.newchemistry.ru>.
8. Degnan T.F., Chitnis G.K., Schipper P.H. History of ZSM-5 fluid catalytic cracking additive development at mobil. Microporous Mesoporous Mater. 2000. 35–36:52–245.
9. Buchanan J.S. The chemistry of olefins production by ZSM-5 addition to catalytic cracking units // Catal Today. 2000. V. 55. P. 12–207.
10. Degnan T.F., Chitnis G.K., Schipper P.H. History of ZSM-5 fluid catalytic cracking additive development at Mobil // Microporous Mesoporous Mater. 2000. P. 35–36, P. 52–245.
11. Jiang W., Chen B., Shen N., Song H., Zhu Y. Role and mechanism of functional components in promoters for enhancing FCC propylene yield // China Pet Proc Petrochem Tech. 2010. V. 12 (2). P. 8–13.
12. Corma A., Gonzalez-Alfaro V., Orchilles A.V. The role of pore topology on the behavior of FCC zeolite additives // Appl. Catal. A. 1999. V. 187. P. 54–245.
13. Costa A.F., Cerqueira H.S., Ferreira J.M., Ruiz N.M., Menezes M.C. BEA and MOR as additives for light olefins production // Appl. Catal. A. 2007. V. 319. P. 43–137.
14. Corma A., Martinez-Triguero J. The use of MCM-22 as a cracking zeolitic additive for FCC // J. Catal. 1997. V. 165. P. 20–102.
15. Liu Z., Fu J., He M., Li M. Cracking behavior of MCM-22, ZSM-5 and Beta as FCC catalyst additives // Prepr. Pap – Am Chem. Soc. Div. Fuel Chem. 2003. V. 48:7. P. 4–12.
16. Inagaki S., Takechi K., Kubota Y. Selective formation of propylene by hexane cracking over MCM-68 zeolite catalyst // Chem. Commun 2010. V. 46. P. 4–2662.
17. Xu X., Ran X., Cui Q., Li C., Shan H. ZSM-5- and MgAl₂O₄-based bifunctional additives for enhancing the production of propene and removal of SO₂ in the fluid catalytic cracking (FCC) process // Energy Fuels. 2010. V. 24. P. 9.
18. Hollander M., Wissink M., Makkee M. Moulijn // Appl. Catal. A. 2002. V. 223. P. 16–85.



СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА "НАУКА"

Пархоменко Геннадий Григорьевич, аспирант 4 года заочной формы обучения, специальность 05.11.16 "Информационно-измерительные и управляющие системы (промышленность)", кафедра "Информационно-измерительная техника", Самарский государственный технический университет, 443100, г. Самара, улица Молодогвардейская, 244, тел. контакта 8(937)6538996, e-mail: jordan_1@mail.ru.

Р. Амамчян, канд. техн. наук, **А. Брагин**, **Н. Еремина**, **В. Игнатьев**, **С. Мильман**, канд. техн. наук;

О. Попов, канд. техн. наук; **В. Удут**, канд. техн. наук – сотрудники ОАО "НПО Гелиймаш",

В. Щербинин, гендиректор НПФ "САГА"

Валентин Филиппович Третьяков, **Чан Тхи Куинь Ньы**, *Кирилл Валентинович Третьяков, **Наталья Алексеевна Французова**, *Рашид Мусаевич Тальшинский, *Ахмадшо Мамадшоевич Илолов, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова, *Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, 119991 Москва, Ленинский пр., 29, e-mail: tretjakov@ips.ac.ru

Тарана Аслан кызы Мамедова, Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, e-mail: mamedova.tarana@rambler.ru

Мещеряков Станислав Васильевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Промышленной экологии Российского Государственного Университета нефти и газа им. И.М. Губкина, тел.: (499) 135-74-96, (499) 135-89-66; факс: (499) 135-74-96, e-mail: stas@gubkin.ru

Сушкова Анна Владимировна, к.т.н., доцент кафедры Промышленной экологии Российского Государственного Университета нефти и газа им. И.М. Губкина, тел.: (499) 135-74-96, +7-903-530-4263, e-mail: anna-post@yandex.ru

Иванова Екатерина Александровна, магистрант 1-го курса Российского Государственного Университета нефти и газа им. И.М. Губкина, тел.: (499) 135-74-96, +7(916) 815-47-11 e-mail: eaivanova-rgung@mail.ru

Седghi Рухи Б.Ф., аспирант Российского государственного университета нефти и газа (РГУ нефти и газа) им. И.М. Губкина

В.М. Капустин, д-р техн. наук, зав. кафедрой "Технология переработки нефти" РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина;

В.Ф. Третьяков, зав. кафедрой ТНХС и ИЖТ, д-р хим. наук, профессор, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова (МИТХТ); e-mail: tretjakov@ips.ac.ru

Parkhomenko G.G., postgraduate student 4 years of distance learning of the department "Information and measuring equipment" Samara State Technical University 443 100, Samara, street Molodogvardeiskaya, 244 phone 8(937)6538996, e-mail to: jordan_1@mail.ru

R. Amamchyan, PhD. Technical Science, **A. Bragin**, **A. Eremina**, **V. Ignatiev**, **S. Millman**, PhD. Technical Sciences

O. Popov, Candidate. Technical Science

V. Udut, PhD. Technical. Science – members of OAO "NPO Geliymash"

B. Sherbinin, Director General of NPF "SAGA"

V.F. Tretyakov, head of the Department of TNHS and IZHT, doctor of chemical sciences, professor; **Chan Thi Quin Ny**, graduate student of TNHS and IZHT;

K.V. Tretyakov, researcher Institute of Petrochemical Synthesis, Ph.D;

N.A. Frantsuzova, assistant professor of TNHS and IZHT, Ph.D;

R.M. Talyshinsky, senior Research Fellow Institute of Petrochemical Synthesis, doctor of chemical sciences;

A.M. Polov, researcher Institute of Petrochemical Synthesis, Ph.D. E-mail: tretjakov@ips.ac.ru

T.A. Mamedova, senior research fellow of the Institute of Petrochemical Processes of ANAS, Baku, Ph.D Technical. Science, e-mail: mamedova.tarana@rambler.ru

S. Meshcheryakov, Dr. Sc. Sciences, Professor, Head of "Industrial Ecology" of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkin;

A. Sushkova, PhD. Technical. Sciences, Associate Professor of "Industrial Ecology" of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkin,

E.A. Ivanova, an undergraduate course of the Russian State University of Oil and Gas. I.M. Gubkin.

Sedghe Rouhi Babak, graduate student of Gubkin Russian State University of Oil and Gas;

V.M. Kapustin, doctor of technical sciences, head of the Department of Oil Refining Technologies of Gubkin Russian State University of Oil and Gas.

V.F. Tretyakov, head of the Department TNHS and IZHT, doctor of chemical sciences, professor; e-mail: tretjakov@ips.ac.ru





ИНФОРМАЦИЯ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЗАСЕДАНИЕ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ по подготовке предложений по использованию природного и сжиженного углеводородного газа в качестве моторного топлива

8 июня 2012 г. в Министерстве энергетики РФ состоялось очередное заседание Рабочей группы по подготовке предложений по использованию сжиженных углеводородных газов (СУГ) и компримированного природного газа (КППГ) в качестве моторного топлива.

В заседании приняли участие от:

Минэнерго России

Детярёв Петр Алексеевич – Директор Департамента переработки нефти и газа;

Зайтов Алексей Тимурович – начальник отдела Департамента переработки нефти и газа;

Кузина Елена Анатольевна – ведущий советник Департамента переработки нефти и газа

Представители:

Минпромторг России

Игнатов Алексей Иванович – советник Директора Департамента авиационной промышленности;

Безъязычный Николай Григорьевич – начальник отдела;

Ускова Светлана Владимировна – главный специалист

Минэкономразвития России

Доброславский Никита Леонидович – ведущий советник отдела развития газовой и нефтяной отрасли Департамента государственного регулирования тарифов, инфраструктурных реформ и энергоэффективности

Министерство промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края

Глушаков Василий Васильевич – начальник отдела энергоресурсов и энергоснабжения

Департамент транспорта Краснодарского края

Теслин Дмитрий Владимирович – начальник отдела реализации государственной политики в области автомобильного транспорта, организации и безопасности дорожного движения

Кавказавтогаз ООО "Газпром транс Ставрополь"

Воробьев Олег Петрович – начальник производственно-технического отдела Кавказавтогаз

ООО "Газпром трансгаз Краснодар"

Фик Андрей Степанович – заместитель генерального директора по ремонту и капитальному строительству

ОАО "КамАЗ"

Малюга Александр Григорьевич – главный конструктор по работе с нефтегазодобывающими комплексами

ООО "РариТЭК"

Батыршин Рафаэль Римович – генеральный директор

ОАО "Газпромбанк"

Терский Александр Евгеньевич – исполнительный директор Департамента ТЭК;

Паренко Сергей Александрович – заместитель начальника Департамента ТЭК

ФБУ "Росавтотранс"

Сухарев Сергей Александрович – генеральный директор;
Машков Валерий Викторович – заместитель генерального директора

ОАО "НИИАТ"

Акопян Александр Арменович – инженер 1-й категории

ФГУП "Государственный университет управления"

Ильюща Анатолий Васильевич – доктор технических наук, профессор

ОАО "ИнтерАвиаГаз"

Зайцев Вячеслав Петрович – генеральный директор

ОАО "Туполев"

Солозобов Валерий Иванович – вице-президент

ФГУП "ЦАГИ"

Маврицкий Владимир Иванович – начальник отделения;
Дунаевский Андрей Игоревич – начальник отдела;
Захарченко Юрий Александрович – начальник отдела

"Центр стратегических разработок в гражданской авиации"

Корень Антон Владимирович – генеральный директор

ФГУП "ЦИАМ им. П.И. Баранова"

Яновский Леонид Самойлович – начальник отделения

НП "Совет газомоторной отрасли"

Дементьев Владимир Васильевич – главный редактор МНТ журнала "АГЗК+альтернативное топливо"

Общероссийская общественная организация "Деловая Россия"

Маевский Андрей Владимирович – проектный менеджер
Целью заседания является развитие газомоторного рынка в России и реализация пилотных проектов в отдельных субъектах РФ

Со вступительным словом выступил начальник отдела Департамента переработки нефти и газа Зайтов Алексей Тимурович.



О мерах, предпринимаемых Минэнерго России для стимулирования расширения использования газомоторного топлива (далее – ГМТ) в России

Необходимо признать, что развитие рынка газомоторного топлива в России происходит крайне медленно и носит стихийный характер. Наибольшую инициативу проявляют частные инвесторы, которые готовы вкладывать финансовые средства в строительство газозаправочной инфраструктуры и продвигать на рынок наиболее экологически чистый вид топлива – газомоторное топливо (далее – ГМТ). В ряде субъектов РФ такая инициатива нашла поддержку со стороны администраций субъектов РФ, но в большинстве регионов России тема расширения ГМТ остается на уровне "отдаленной" перспективы. И такая ситуация помимо субъективных причин для каждого региона имеет общую объективную причину, а именно – практически отсутствует нормативно-правовая база и меры государственного стимулирования в сфере ГМТ.

Учитывая русскую пословицу "Под лежачий камень – вода не течет!", Минэнерго России в рамках своих полномочий проявляет инициативу в подготовке правовой базы для развития газомоторного рынка России:

✓ законопроект № 634248-5 "О внесении изменений в статью 14 Федерального закона "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (в части расширения использования СУГ) подготовлен Комитетом ГД по энергетике к рассмотрению во втором чтении;

✓ 6 июня 2012 г. в Минэнерго России состоялось третье совещание с представителями Республики Казахстан и Республики Беларусь по согласованию редакции проекта технического регламента Таможенного союза "О безопасности сжиженных углеводородных газов". Республика Казахстан одобрила проект техрегламента к публичному обсуждению. Ожидается к 15 июня 2012 г. официальная позиция Республики Беларусь;

✓ Минэнерго России разработало и направило в Минфин России для рассмотрения и последующего внесения в Правительство РФ законопроект "О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса РФ" в целях налогового стимулирования развития и эффективной деятельности предприятий, осуществляющих производство, хранение, транспортировку, реализацию (перевалку) газового моторного топлива, выпускающих

транспортные средства, двигатели и оборудование, работающие на газовом моторном топливе, а также стимулирования использования физическими и юридическими лицами ГМТ.

Законопроект Минэнерго России "О внесении изменений в части первую и вторую Налогового Кодекса РФ"

В случае положительного решения Минфина России о целесообразности внесения указанного законопроекта в Правительство РФ и успешного согласования законопроекта с другими ФОИВами в России впервые будут созданы реальные условия для стимулирования производства, реализации и использования ГМТ, а также транспортных средств, работающих на ГМТ:

❖ учитывая, что без развитой газозаправочной инфраструктуры производство и эксплуатация транспортных средств, работающих ГМТ, не имеет перспектив, законопроектом предлагаются на период развития рынка ГМТ (3–5 лет) меры налогового стимулирования, направленные, в том числе и на увеличение инвестиционной способности предприятий, осуществляющих инвестиции в газомоторную отрасль, и ускорение окупаемости таких целевых вложений;

❖ предлагается освободить от налогообложения земельным налогом земельные участки, занятые введенными в эксплуатацию объектами газового хозяйства, используемые для производства (переработки), хранения и реализации (перевалки) ГМТ, в течение пяти лет, начиная с налогового периода, в котором объекты введены в эксплуатацию;

❖ законопроектом предлагается стимулирование приобретения физическими и юридическими лицами транспортных средств, работающих на ГМТ, за счет уменьшения ставки акциза на 30...50 % ниже от уровня акцизов на транспортные средства, работающих на традиционном моторном топливе, что будет способствовать развитию не только газозаправочной инфраструктуры и производства газобаллонных транспортных средств и оборудования, но и позволит улучшить экологическую обстановку в населенных пунктах (особенно в городах с населением свыше 1 млн человек) и на транспортных магистралях.

О ситуации с расширением использования газомоторного топлива в Ставропольском крае (по информации Минпромэнерго транспорта Ставропольского края)

О ситуации с расширением использования ГМТ в Ставропольском крае и выполнении распоряже-



ИНФОРМАЦИЯ

ния И.И. Сечина от 22.11.2011 г. № ИС-П9-8278 рассказал начальник отдела энергоресурсов и энергосбережения Министерства промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края Глушаков Валерий Васильевич.

В целях реализации краевой программы "Использование в Ставропольском крае компримированного природного газа в качестве моторного топлива в 2011–2013 годах" между Минпромэнерго-транспорта Ставропольского края и ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" достигнута договоренность по строительству 10 АГНКС и 5 пунктов по переводу автотранспортных средств на использование компримированного природного газа в качестве моторного топлива в течение трех последующих лет.

По состоянию на 1 июня 2012 г. выполнена следующая работа:

- разработаны и утверждены технические задания и требования на проектирование всех планируемых к строительству объектов;

- на конкурсной основе определены и приступили к работе исполнители проектных работ для всех объектов за исключением АГНКС города Пятигорска;

- произведен выбор земельных участков и начато оформление актов выбора земельных участков под строительство всех АГНКС и ППА;

- определены возможные поставщики основного и вспомогательного оборудования для АГНКС и ППА;

- оформлены акты выбора земельных участков для АГНКС городов Изобильного, Ипатово, Новоалександровска, Нефтекумск и ППА села Верхнерусское;

- получены постановления об утверждении актов выбора земельных участков под АГНКС городов Изобильного, Новоалександровска, Нефтекумск и ППА села Верхнерусское;

- по остальным АГНКС и ППА акты выбора земельных участков находятся в разной степени готовности.

Также между Минпромэнерго-транспорта Ставропольского края заключено соглашение о взаимодействии с филиалом ПАО Симферопольского машиностроительного завода "Прогресс" (далее – Филиал), предусматривающее строительство 12 новых АГНКС и пунктов по переводу автотранспортной техники на территории Ставропольского края.

В рамках реализации указанного соглашения Филиал берет на себя обязательство обеспечить переоборудование автотранспортных средств бюджетных организаций за свой счет, с последующим включением стоимости этого оборудования в цену поставляемого топлива (компримированного природного газа).

В настоящее время Филиалом ведется работа по выбору земельных участков в Новоалександровском и Труновском муниципальных районах.

Перечень населенных пунктов Ставропольского края, в которых Филиалом планируется строительство АГНКС:

1. с. Красногвардейское Красногвардейского района;
2. с. Донское Труновского района;
3. с. Дивное Апанасенковского района;
4. г. Благодарный Благодарненского района;
5. с. Александровское Александровского район;
6. с. Кочубеевское Кочубеевского района;
7. г. Михайловск Шпаковского района;
8. г. Ипатово Ипатовского района;
9. г. Изобильный Изобильненского района;
10. г. Новоалександровск Новоалександровского района;
11. г. Минеральные Воды;
12. г. Светлоград Светлоградского района.

Представитель ООО "Газпромтрансгаз Ставрополь", начальник производственно-технического отдела ООО "Кавказавтогаз" Воробьев Олег Петрович представил информацию и доложил о ситуации по Ставропольскому краю.

Справочная информация о соотношении количества автотранспорта, планируемого к использованию ГМТ, и общего количества автотранспорта категории В, С, Д в городах Ставропольского края (информация предоставлена ООО "Газпром трансгаз Ставрополь")

| Города Ставропольского края, в которых будут построены АГНКС | Население города, тыс. человек | Количество автотранспортных средств категории В, С, Д, зарегистрированных в данном городе независимо от форм собственности, ед. | Количество автотранспортных средств, планируемых к использованию ГМТ, ед. |
|--|--------------------------------|---|---|
| г. Буденновск | 64,7 | 16 914 | 600 |
| г. Нефтекумск | 27,0 | 7147 | 400 |
| г. Изобильный | 40,1 | 13 118 | 600 |

| Города Ставропольского края, в которых будут построены АГНКС | Население города, тыс. человек | Количество автотранспортных средств категории В, С, Д, зарегистрированных в данном городе независимо от форм собственности, ед. | Количество автотранспортных средств, планируемых к использованию ГМТ, ед. |
|--|--------------------------------|---|---|
| г. Ипатово | 25,8 | 9557 | 400 |
| г. Минеральные Воды | 76,4 | 21 943 | 800 |
| г. Новоалександровск | 26,8 | 9706 | 400 |
| г. Светлоград | 38,6 | 12 624 | 500 |
| г. Зеленокумск | 35,8 | 12 681 | 500 |
| г. Пятигорск | 143,8 | 44 586 | 800 |
| г. Ставрополь | 404,6 | 126 873 | 1000 |
| ИТОГО | 883,6 | 275 149 | 6000 |

Ситуация по формированию газозаправочной инфраструктуры в Ставропольском крае по информации ООО "Газпром трансгаз Ставрополь"

✓ ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" эксплуатирует на территории Ставропольского края 8 АГНКС: в Ставрополе – 2, по одной в г. Невинномысске, Минеральных Водах, Ессентуках, Пятигорске.

✓ Загрузка АГНКС по городам края:

- Ставрополь – 41 %;
- Невинномыссск – 49 %;
- Георгиевск – 84 %;
- Минеральные Воды – 65 %;
- Пятигорск – 70 %;
- Ессентуки – 55 %.

По состоянию на 01.06.2012 г.:

✓ реализовано потребителям 12,7 млн м³ компримированного природного газа (106 % по отношению к 2011 г.), что позволило заместить более 9,1 тыс. т бензина и дизельного топлива, тем самым уменьшены выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, содержащихся в выхлопных газах, на 5,9 тыс. т;

✓ выполнено 467 тыс. заправок автомобилей *(112 % по отношению к 2011 г.);

✓ на трех пунктах по переводу автотранспорта на компримиро-

ванный природный газ, расположенных в городах Ставропольского края (Ставрополь, Невинномыссск и Георгиевск), за 5 мес. 2012 г. переведено для работы на КПГ 53 автомобиля, принадлежащих частным лицам и предприятиям различных форм собственности.

Заместитель генерального директора по ремонту и капитальному строительству ООО "Газпром трансгаз Краснодар" Фик Андрей Степанович рассказал о согласовании и подготовке к реализации проекта Программы ООО "Газпром трансгаз Краснодар".

О проекте Программы ООО "Газпром трансгаз Краснодар" по развитию газозаправочной сети в Краснодарском крае в период 2013–2019 гг.

Несмотря на то, что предложения ОАО "Газпром" по комплексной газификации транспортного узла города Сочи к зимним Олимпийским и Паралимпийским играм 2014 г. не получили должной поддержки как со стороны администрации Краснодарского края, так и со стороны федеральных органов исполнительной власти, ООО "Газпром трансгаз Краснодар" разработал и согласовал с ОАО "Газпром" проект Программы развития газозаправочной сети в зоне своей ответственности.

В соответствии с документом в Краснодарском крае в период с 2013 по 2019 г. предполагается построить дополнительно к 12 АГНКС, имеющимся в настоящее время, еще 44 заправочные станции. Это позволит довести общий парк газозаправочных станций в крае до 56 единиц.

Для успешной реализации проекта Программы необходимо:





ИНФОРМАЦИЯ

Проект Программы ООО "Газпром трансгаз Краснодар" по развитию газозаправочной инфраструктуры в Краснодарском крае

ООО "Газпром трансгаз Краснодар" надеется получить поддержку властей региона в решении "земельного вопроса".

Генеральный директор Зайцев Вячеслав Петрович рассказал:

О предложениях по расширению использования авиационного сконденсированного пропан-бутанового топлива (АСКТ) на авиатранспорте

"Интеравиагаз", НИПИгазпереработка, "ЦАГИ", "ЦИАМ", ГосНИИ ГА, Союз нефтегазопромышленников России.

Перевод воздушных судов на газовое топливо – АСКТ, обеспечит развитие региональной авиации Сибири, Севера, дальнего Востока и Арктики!!!

Высокие цены на авиатопливо убивают региональную авиацию!!!

Известно, что в арктических, северных, сибирских и дальневосточных регионах России, которые занимают около 70 % ее территории, авиация является основным, часто единственным транспортным средством. Однако, в связи с высокими ценами на авиатопливо, которые еще выше, чем "на материке" из-за транспортной составляющей и сезонного завоза, тарифы на авиаперевозки там очень высоки.

Однако в этих регионах имеется попутный нефтяной газ (ПНГ), излишки которого из-за сложности транспортировки и отсутствия спроса на месте сжигаются в факелах. Авиационная и нефтегазовая наука (ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИ ГА, НИПИгазпереработка, Интеравиагаз и др.) показали, что из него можно вырабатывать альтернативное более экологичное авиационное сконденсированное пропан-бутановое топливо – АСКТ, цена которого будет соизмерима с ценой автопропана, т.е. в 1,5...2,5, а на Крайнем Севере, в Сибири и на Дальнем Востоке в 3...4 раза дешевле авиакеросина. Технические условия на это топливо (ТУ 39-1547-91) согласованы со всеми заинтересованными организациями.

Реальность использования АСКТ в качестве авиатоплива подтверждена на МВЗ им. М.Л. Миля в процессе наземных и летных испытаний экспериментального вертолета Ми-8ТГ в 1987–1988 гг. В середине 1990-х гг. был создан, прошел начальный этап испытаний и показан в полете на "МАКС-95" первый в мире опытно-промышленный образец вертолета Ми-8ТГ, оба двигателя которого могут работать как на АСКТ, так и на обычном



Схема расположения существующих – 12 ед. и перспективных (44 ед.) АГНКС на территории Краснодарского края, которые могут быть построены в период с 2013 по 2019 г.

Перспективы согласования проекта Программы ООО "Газпром трансгаз Краснодар" развитию газозаправочной инфраструктуры в Краснодарском крае

По информации ООО "Газпром трансгаз Краснодар" проект Программы по развитию сети автогазозаправочных станций в регионе находится на рассмотрении в Департаменте транспорта Краснодарского края и Департаменте ТЭК Краснодарского края.

Потенциальная потребность районов края в создании сети заправок для газомоторных двигателей всех категорий транспорта есть, и вышеуказанные Департаменты откликнулись с заинтересованностью, поэтому существует вероятность, что проект Программы будет согласован.

В случае согласования администрацией Краснодарского края проекта Программы наибольшую трудность будет представлять выделение земельных участков под строительство АГНКС и время оформления земельных участков.



авиакеросине, а также на их смеси. Исследования, проведенные позже, показали возможность, а главное, эффективность перевода на АСКТ и самолетов, особенно региональной авиации (Як-40, Ил-114, Ту-136, Ан-2(3)).

По мнению представителей научно-исследовательских институтов в сфере авиации, проект носит инновационный характер и способствует энергоэффективности и энергосбережению ресурсов страны, а также имеет большое значение для развития региональной авиатранспортной системы, особенно для труднодоступных и малонаселенных регионов России.

Производство АСКТ, по мнению специалистов, может быть организовано:

на действующих ГПЗ по переработке попутного нефтяного газа;

на ГПЗ по переработке природных газов;

на установках комплексной подготовки природного газа и конденсата (УКПГ);

на заводах по стабилизации и переработке газового конденсата (Сургутский ЗСК и др.);

на установках стабилизации нефти и газодифракционирования (ГФУ) нефтеперерабатывающих заводов;

на малогабаритных промысловых установках по подготовке нефтяного газа к транспорту (МГБУ) **непосредственно на месторождениях;**

на МГБУ, расположенных на дожимных насосных станциях (ДНС) или других пунктах по трассе продуктопроводов ШФЛУ.

Выводы и предложения специалистов по внедрению АСКТ

Выводы:

1. Внедрение АСКТ технологии на воздушных судах открывает новое газотопливное направление в развитии авиации.

2. Экономические расчеты показывают высокую эффективность внедрения газотопливной технологии как на существующих, так и на перспективных воздушных судах (АСКТ, авиакеросин) не вызовет больших проблем и может быть выполнена в любом авиаремонтном предприятии.

Предложения:

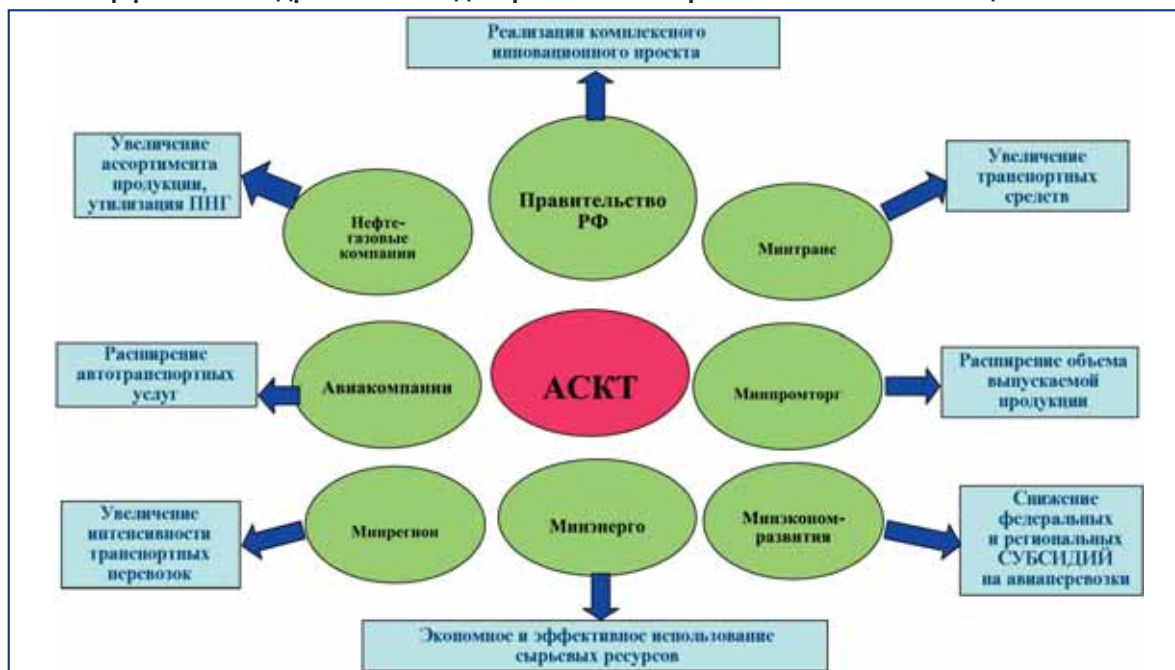
1) работы по внедрению в авиации АСКТ необходимо проводить на базе государственно-частного партнерства в рамках согласованных Федеральной и Региональных программ;

2) для координации и согласования работ (разработки "дорожной карты") необходимо формирование Межотраслевого Совета (смешанной рабочей группы), который объединит представителей федеральных и региональных авиационных, нефтегазовых, финансовых и других организаций, заинтересованных в создании региональных двухтопливных воздушных судов.

По итогам совещания составлены Протокол и Решения, утвержденные заместителем министра энергетики РФ С.И. Кудряшовым.

УТВЕРЖДАЮ
заместитель министра энергетики
Российской Федерации С.И. Кудряшов

Эффект от внедрения АСКТ для различных отраслей по мнению специалистов





ИНФОРМАЦИЯ

ПРОТОКОЛ

совещания под председательством директора Департамента переработки нефти и газа Министерства энергетики Российской Федерации П.А. Дегтярева на тему: "Развитие газомоторного рынка в России и реализация пилотных проектов в отдельных субъектах Российской Федерации"

от 8 июня 2012 г., № 06-42пр, г. Москва.

Присутствовали от:

Минэнерго России – А.Т. Зайтов, Е.А. Кузина;

Минпромторг России – Н.Г. Безъязычный,

С.В. Ускова;

Минэкономразвития России – Н.Л. Доброславский;

Министерство промышленности,

энергетики и транспорта

Ставропольского края – В.В. Глушаков;

Департамент транспорта

Краснодарского края – Д.В. Теслин;

ООО "Газпром трансгаз Краснодар" – А.С. Фик;

Кавказавтогаз ООО "Газпром трансгаз

Ставрополь" – О.П. Воробьев;

ОАО "КамАЗ" – А.Г. Малюга;

ООО "РариТЭК" – Р.Р. Батыршин;

ОАО "Газпромбанк" – А.Е. Терский;

ФБУ "Росавтотранс" – В.В. Машков;

ОАО "Интеравиат" – В.П. Зайцев;

ФГУП "ЦАГИ" – В.И. Маврицкий;

Центр стратегических разработок

в гражданской авиации – А.В. Корень;

ФГБОУ ВПО "Государственный

Университет Управления" – А.В. Ильюша;

ОАО "НИИАТ" – А.А. Акопян;

Общероссийская общественная организация "Деловая Россия" – А.В. Маевский;

НП "Совет Газомоторной Отрасли" – В.В. Дементьев.

1. Развитие газомоторного рынка в России и, в частности, в Ставропольском и Краснодарском краях (Зайтов, Глушаков, Воробьев, Батыршин, Машков, Малюга, Терский, Безъязычный, Дементьев, Фик, Теслин, Зайцев, Маврицкий, Ильюша, Корень)

1. Принять к сведению информацию Департамента переработки нефти и газа Минэнерго России о состоянии развития газомоторного рынка в России и о мерах, принимаемых Минэнерго России по совершенствованию нормативно-правовой базы в сфере использования газомоторного топлива (далее – ГМТ).

2. Принять к сведению информацию Министерства промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края о ходе реализации краевой Программы "Использование в Ставропольском крае компримированного природного газа в качестве моторного топлива в 2011–2013 годах" (далее – краевая Программа).

3. Принять к сведению информацию ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" о состоянии и перспективах развития сети АГНКС на территории Ставропольского края.

По состоянию на 01.06.2012 г. выполнена следующая работа:

– разработаны и утверждены технические задания и требования на проектирование всех планируемых к строительству объектов;

– на конкурсной основе определены и приступили к работе исполнители проектных работ для всех объектов за исключением АГНКС города Пятигорска;

– произведен выбор земельных участков и начато оформление актов выбора земельных участков под строительство всех АГНКС и ППА;

– определены возможные поставщики основного и вспомогательного оборудования для АГНКС и ППА;

– оформлены акты выбора земельных участков для АГНКС городов Изобильного, Ипатово, Новоалександровска, Нефтекумска и ППА с. Верхнерусское;

– получены постановления об утверждении актов выбора земельных участков под АГНКС городов Изобильного, Новоалександровска, Нефтекумска и ППА села Верхнерусское;

– по остальным АГНКС и ППА акты выбора земельных участков находятся в разной степени готовности.

Подрядными организациями, выполняющими проектирование, в рамках заключенных с ними договоров выполняются следующие работы:

– полевые инженерные изыскания на участках строительства;

– по объектам, для которых оформлены акты выбора земельных участков, направляются запросы на выдачу красных линий и ТУ на присоединения к автодорогам;

– согласование планировок зданий и сооружений планируемых к строительству объектов со специалистами ООО "Газпром трансгаз Ставрополь".

4. Отметить позицию ООО "РариТЭК" и ОАО "КамАЗ" о том, что краевая Программа направлена в основном на переоборудование транспортных средств, что экономически не выгодно. Технический регламент "О безопасности транспортных средств" требует согласования с заводом-изготовителем переоборудования транспортного средства. Сами заводы не занимаются переоборудованием, а выпускают уже готовую технику. Если переоборудованием будут заниматься частные компании, то они не смогут предоставить потребителю весь комплекс сервисных услуг и гарантий по обслуживанию. Поэтому необходимо использовать только метан в качестве ГМТ и закупать новую технику с газобаллонным оборудованием в заводском исполнении. А для расчета экономического эффекта от перевода транспорта на ГМТ целесообразно перевести транспортные средства одного муниципального автотранспортного предприятия на работу на КПП и с учетом полученного результата доработать краевую Программу.

5. Принять к сведению информацию ФБУ "РОСАВТОТРАНС" о том, что на запрос Минтранса России о потребности регионов в автобусах, работающих на ГМТ, от Минпромэнерго транспорта Ставропольского края поступила заявка на поставку 30 автобусов (общая заявка от различных организаций Ставропольского края). Поставка указанных автобусов планируется в 2012 году.

6. Принять к сведению информацию ОАО "Газпромбанк" о поддержке программ по переводу автотранспортных предприятий на работу на ГМТ и о экономической целесообразности закупки газобаллонной техники в заводском исполнении. ОАО "Газпромбанк" готов кредитовать проекты на базе транспортных предприятий с условием синхронизации строительства АГНКС и перевода транспорта на ГМТ.





Также необходимо внести изменения в действующее законодательство с тем, чтобы цена на КПП была привязана не к бензину марки А-76 (как это установлено постановлением Правительства РФ от 15.01.1993 г. № 31), а к дизельному топливу, либо отменить вышеуказанное постановление Правительства РФ.

7. Принять к сведению позицию Минпромторга России о поддержке предложений ООО «РариТЭК» и ОАО «КАМАЗ» в части необходимости закупки новой техники, работающей на ГМТ. Надо активнее вести диалог с заводами-изготовителями транспортных средств с газобаллонным оборудованием. Только в этом случае может быть успешно решена задача по расширению использования ГМТ не только в Ставропольском крае, но и в других регионах, которые проявляют интерес к переводу транспорта на ГМТ.

8. Принять к сведению предложение НП «Совет Газомоторной Отрасли» о целесообразности предусмотреть в программе по замене «изношенных» транспортных средств, на реализацию которой выделяются финансовые средства из федерального бюджета (Минрегион России распределяет эти средства), чтобы в количестве транспортных средств, подлежащих замене, учитывался определенный процент транспортных средств на ГМТ в заводском исполнении, что позволит обеспечить загрузку заводов и выполнение положений Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ. Также необходимо, чтобы согласно указанному Закону муниципальные власти отчитывались за экономию денежных средств, полученную при переводе транспорта на ГМТ.

9. Принять к сведению информацию ООО "Газпром трансгаз Краснодар" о перспективах строительства АГНКС в Краснодарском крае, Ростовской области и Республике Адыгея по трем основным направлениям: побережье Черного и Азовского морей, крупные сельскохозяйственные центры, крупные транспортные магистрали.

ООО "Газпром трансгаз Краснодар" разработало и согласовало с ОАО "Газпром" проект программы (далее – проект программы) развития газозаправочной сети в указанных 3 регионах в период с 2013 по 2019 г., предусматривающей строительство около 60 АГНКС с годовым объемом реализации газа – до 455 млн м³. На реализацию проекта программы предполагается выделение около 2,5 млрд рублей. В настоящий момент проект программы направлен на первичное согласование в администрации Краснодарского края, Ростовской области и Республики Адыгея.

10. Отметить, что Департамент транспорта Краснодарского края поддерживает расширение сети АГНКС в крае, что позволит стимулировать автотранспортные предприятия к переходу на ГМТ (сейчас более 90 % пассажирского транспорта работает на дизельном топливе). Есть положительный опыт эксплуатации автобусов НЕФАЗ (30 единиц закуплено в г. Краснодар и 2 единицы в Тбилиском и Армавирском районах края), а также грузового автомобиля, работающих на ГМТ. Закупка транспортных средств на ГМТ ограничивается только неразвитостью газозаправочной сети. Подана заявка на закупку 100 городских автобусов для тех районов края, где существует сеть АГНКС.

11. Принять к сведению информацию ОАО "Интеравиатранс", ФГУП "ЦАГИ", ФГБОУВПО "Государственный Университет Управления", Центра стратегических разработок в гражданской авиации о возможности и экономической целесообразности перевода региональной авиации, особенно в арктических, северных, сибирских и дальневосточных регионах России, на использование авиационного сжиганного

сированного пропан-бутанового топлива (далее – АСКТ), цена которого будет соизмерима с ценой автопропана, т.е. в 1,5...2,5, а на Крайнем Севере, в Сибири и на Дальнем Востоке в 3...4 раза дешевле авиакеросина. Технология производства АСКТ разработана в ОАО "НИПИГазпереработка". Его можно получать из попутного нефтяного или "жирного" природного газа практически на любой газоперерабатывающей установке и даже с помощью мобильных установок высокой заводской готовности непосредственно на месторождениях.

Модификация вертолетов и самолетов региональной авиации в двухтопливный вариант (АСКТ, авиакеросин) может быть выполнена в любом авиаремонтном предприятии.

Отметить, что проект носит инновационный характер и способствует энергоэффективности и энергосбережению ресурсов страны.

II. По итогам совещания решили:

1. Рекомендовать Министерству промышленности и транспорта Ставропольского края проработать замечания и предложения ООО "РариТЭК", ОАО "КАМАЗ" по реализации краевой Программы с целью необходимости корректировки краевой Программы для улучшения ее эффективности. О результатах проинформировать Департамент переработки нефти и газа Минэнерго России. (Срок – 31 августа 2012 г.)

2. Рекомендовать Министерству промышленности, энергетики и транспорта Ставропольского края, администрации Краснодарского края (Департаменту транспорта и Департаменту ТЭК Краснодарского края) совместно с ОАО "Газпромбанк" рассмотреть возможность сотрудничества по вопросам предоставления кредитов на мероприятия по переводу транспортных предприятий на ГМТ. О результатах переговоров проинформировать Департамент переработки нефти и газа Минэнерго России. (Срок – 10 августа 2012 г.)

3. Минэнерго России направить запрос в Минпромторг России о предоставлении следующей информации:

а) целесообразность и законность перевода старого парка автотранспортных средств на ГМТ в рамках действующего Технического регламента "О безопасности колесных транспортных средств", в том числе готовность фирм по переоборудованию автотранспортных средств на ГМТ предоставлять услуги по обучению водительского и обслуживающего персонала, по гарантийному и постгарантийному обслуживанию переоборудованных автотранспортных средств;

б) модели автотранспортных средств, работающие на сжатом природном газе и сжиженном нефтяном газе, в заводском исполнении. (Срок – 19 июня 2012 г.)

4. Рекомендовать администрации Краснодарского края (Департаменту транспорта и Департаменту ТЭК Краснодарского края) оказать содействие ООО "Газпром трансгаз Краснодар" в получении и оформлении земельных участков под строительство АГНКС в возможно короткие сроки.

5. Рекомендовать ОАО "Газпромбанк" подготовить проект нормативно-правового акта с целью актуализации цен образования на природный газ, используемый в качестве моторного топлива, и представить его в Департамент переработки нефти и газа Минэнерго России. (Срок – 29 июня 2012 г.)

директор Департамента
переработки нефти и газа

П.А. Дегтярёв



ИЗВЛЕЧЕНИЕ МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РОССИИ

В.Н. Захаров, и.о. директора ИПКОН РАН проф., д-р техн. наук,
С.С. Кубрин, и.о. зав. лаборатории, д-р техн. наук,
В.С. Забурдяев, ведущий научн. сотрудник, проф., д-р техн. наук

Месторождения России располагают крупнейшими в мире запасами каменного угля, которые оцениваются в 3817 млрд т и являются самыми метаноносными в мире: в одной тонне угля содержится 11,6 м³ метана (8,3 кг/т при средней по месторождениям мира 4,9 кг/т).

Основные метаноносные месторождения угля находятся в Кузнецком и Печорском бассейнах, где содержание метана в угле достигает 25–30 м³/т сухой беззольной массы. Ресурсы угольного метана на разведанных шахтных полях составляют 260 млрд м³, а по прогнозам в угольных месторождениях – около 15 трлн м³.

В 2010 г. подземным способом в РФ добыто 102,1 млн т угля, что составляет 32 % от общей угледобычи в стране. Из числа 90 российских шахт метанообильными являются 80 %, в том числе высокометанообильными – 70 %, с искусственным извлечением метана средствами дегазации – 30 % (преимущественно в шахтах с метанообильностью более 40–50 м³/мин). В шахтах, метанообильность которых составляет более 100 м³/мин, для извлечения метана применяется комплекс способов и схем дегазации, т.е. способы (схемы) дегазации разрабатываемых и сближенных угольных пластов и выработанных пространств.

Объемы выделяющегося из угольных шахт России метана составляют 1,5–1,6 млрд м³ в год, из них средствами дегазации извлекается 0,65–0,70 млрд м³, утилизируется – около 0,05 млрд м³. Практически весь выделяющийся в угольных шахтах метан выбрасывается в атмосферу Земли.

Основной российской проблемой, решение которой в настоящее время весьма актуально, является:

- 1) повышение объемов извлечения шахтного метана средствами дегазации;
- 2) извлечение кондиционных по метану газовоздушных смесей, пригодных для утилизации в газомоторных установках, вырабатывающих электрическую и тепловую энергию;
- 3) повышение объемов использования каптируемого в шахтах метана;
- 4) сокращение объемов выбрасываемого в атмосферу угольного метана.

В силу различных экономических, технических и нормативно-правовых барьеров объемы утилизации шахтного метана (ШМ) в России незначительны – утилизируется всего 3,3 % высвобождаемого в процессе угледобычи метана. Извлеченный ШМ может использоваться в качестве энергоносителя. В мире ШМ чаще всего используется для производства тепловой и электрической энергии. Согласно данным Агентства по охране окружающей среды США*, практически весь ШМ в США подается в систему газопроводов как природный газ, главным образом потому, что метан высокого качества извлекается через пробуренные с поверхности вертикальные скважины перед началом и во время угледобычи. Доля утилизованного ШМ в США составляет 24–25 %. На российских шахтах извлекается небольшое количество метана, а объемы его утилизации используются преимущественно для частичного удовлетворения потребностей шахт в тепловой и электрической энергии.

Потенциальные варианты утилизации шахтных метановоздушных смесей в зависимости от концентрации в них метана и, соответственно, теплотворной способности, приведены в табл. 1. В России шахтный метан, извлекаемый средствами дегазации, пока используется для производства тепловой и электрической энергии в газомоторных и котельных установках, калориферах для обогрева поступающего в шахту воздуха и топочных устройствах для сушки угля и шлама на обогатительных фабриках. ШМ утилизируется на пяти шахтах Воркуты (Печорский бассейн) и четырех шахтах Кузнецкого бассейна, в том числе: в котельных установках (7 шахт), газомоторных установках (3 шахты), на центральной обогатительной фабрике (г. Воркута), в топочном устройстве термокласификатора и в калориферной установке (ОАО "Воркутауголь"), на одной шахте оборудовано факельное сжигание газа (шахта им. С.М. Кирова, ОАО "СУЭК-Кузбасс").

В сравнении с Россией, например, в США утилизируется 1,3 млрд м³ шахтного метана, что экви-

* Шахтный метан в России. Информационная статья. International Energy Agency. 2010. 73 с.

Таблица 1

Утилизации шахтных метановоздушных смесей в зависимости от концентраций метана

| Шахтный газ | Концентрация метана, % | Технология извлечения | Теплотворная способность газа, ГДж/1000 м ³ | Варианты и объекты утилизации МВС |
|----------------|------------------------|---|--|---|
| Вентиляционный | 0,5 | Вентиляционные системы шахт | 0,14 | Воздух для горения. Реверс-поточные реакторы |
| Дегазационный | 30–50 | Дегазационные системы шахт | 11–17 | Сжигание. Производство электроэнергии и тепла. Теплицы |
| Дегазационный | 50–95 | Дегазационные системы шахт (в том числе с обогащением МВС) | 17–32 | Производство электроэнергии и тепла. Бытовой газ. Двигатели транспортных средств |
| Угольный метан | 95–100 | Дегазация пластов и газовых скоплений. Дегазационные системы шахт с обогащением МВС | 32–36 | Химическое сырье. Моторное топливо. Бытовой газ. Производство электроэнергии и тепла. Подача метана в газопроводы |

валентно почти 1 % добываемого в США природного газа. Доля выбросов ШМ в общем объеме выбросов парниковых газов (ПГ) в России незначительна (около 1 %), однако и она имеет значение в условиях растущей обеспокоенности по поводу влияния деятельности человека на глобальное потепление и необходимости сократить выбросы ПГ. В такой ситуации важно воспользоваться любой возможностью сокращения даже сравнительно небольших объемов вредных выбросов. Это проблема, в решении которой даже маленький шаг имеет значение: совместные и экономически целесообразные усилия в целом ряде областей и стран, направленные на сокращение даже небольших объемов выбросов, могут дать значительные результаты. Таким образом, необходимость улавливания и утилизации ШМ в России обоснована как с точки зрения экономических показателей, так и защиты окружающей среды от глобального потепления.

Однако повышение производительности шахт — это гораздо более сильный экономический и социальный стимул.

В то время как экономическая целесообразность использования ШМ в качестве топлива не столь существенна, особенно в условиях низких цен на газ в России, прибыльность таких проектов повышается за счет продажи кредитов в рамках механизмов Киотского протокола. Если привязать углеродные кредиты к ежегодно выбрасываемым в атмосферу 1,6 млрд м³ метана (24,0 млн эквивалента CO₂), можно было бы выручить дополнительно около 480 млн долл. США (при цене 20 долл. США за тонну CO₂).

Существует несколько экономических показателей, которые учитываются в процессе принятия

решений об инвестициях в извлечение и утилизацию ШМ. Они включают:

- объемы метана в угольных пластах и среднюю концентрацию метана в извлекаемых МВС;
- параметры МВС по содержанию пыли и влажности, которые определяют технологии по подготовке газа (осушка, очистка) для использования;
- объемы бурения и затраты на транспортирование МВС на поверхность;
- повышение производительности шахт, которого можно достичь благодаря дегазации;
- производительность энергетического оборудования, в котором будет использоваться добытый метан и уровень местных или собственных потребностей в тепловой и электроэнергии.

В настоящее время вопросам добычи шахтного метана и рациональных способов его утилизации (помимо использования каптируемого в шахтах Воркуты метана) получило экономическое обоснование и реализация проекта извлечения и использования кондиционного метана на шахте им. С.М. Кирова (ОАО "СУЭК-Кузбасс"). ИПКОН РАН выполнил укрупненную оценку эффективности работ по дегазации угольных шахт и утилизации каптируемых метановоздушных смесей. Эта оценка базируется на опыте шахт, уже использующих дегазационные системы.

В исследованиях ИПКОН РАН оценены экономические показатели от различных способов использования каптированного в шахтах метана. Они показывают, что утилизация каптируемого метана выгодна за счет повышения продуктивности шахт и экономии электроэнергии. В то же время в этой оценке должна учитываться прибыль от продажи единиц сокращения выбросов (этот механизм на сегодня в России не действует).



ИНФОРМАЦИЯ

Механизмы Киотского протокола ООН содействуют повышению экономической привлекательности проектов по извлечению и утилизации шахтного метана. Цель РФ по Киотскому протоколу, который устанавливает ограничения выбросов для всех ратифицировавших его стран, — снизить в 2008–2012 гг. выбросы на 5 % по сравнению с уровнем 1990 г. Поддерживая выбросы на уровне ниже базового, Россия может продавать избыток квот на выбросы. Однако для этого в России должны работать процедуры и система утверждения проектов совместного осуществления (ПСО). Рентабельность проекта зависит от доступности киотского финансирования и возможности продавать полученные единицы сокращенных выбросов (ЕСВ). Однако российское правительство пока не утвердило ни механизм совместного осуществления, ни схему зеленых инвестиций, которая призвана обеспечить позитивное влияние на окружающую среду торговли квотами на выбросы путем привязывания дохода от такой торговли к природоохранным программам в странах–продавцах квот.

ОАО "СУЭК-Кузбасс", дочерняя компания крупнейшего в России производителя и экспортера угля ОАО "СУЭК", вместе с компанией "Emissions-Trader ET GmbH" (со штаб-квартирой в Германии) запустили экспериментальный проект по реализации шахтного метана в рамках механизма проектов совместного осуществления (ПСО) Киотского протокола. Проект "Утилизация шахтного метана на шахтах ОАО "СУЭК" направлен на утилизацию метана, добытого при помощи средств дегазации на пяти шахтах ОАО "СУЭК" в Кемеровской области.

Приоритетными методами утилизации шахтного метана являются когенерационные установки и котлы, а остаток газа дожигается в факеле. Экономический эффект от реализации проекта приведен в табл. 2.

Структура экономического эффекта от реализации проекта следующая:

- выручка от продажи ЕСВ – 66,4 %;
- экономия, связанная с электроэнергией – 32,7 %;
- экономия на платежах за выбросы метана в атмосферу – 0,9 %.

На шахте им. С.М. Кирова построена вакуум-насосная станция, один бойлер (котел) переведен на

Таблица 2

Экономический эффект от реализации проекта с учетом выручки от продажи ЕСВ

| Источник дохода | Расчет | Тариф, руб./кВт·ч | Итого, млн руб. |
|---|--|-------------------|-----------------|
| Потребление электричества | 10 генераторов × 1,55 МВт × × 8760 ч/год × 85 % | 0,49778 | 67 |
| За услуги электропередачи | 10 генераторов × 1,55 МВт × × 8760 ч/год × 85 % | 0,10019 | 13 |
| Экономия от платежей за мощность | – | – | 1 |
| Экономия на платежах за выбросы в атмосферу | 10 генераторов × 386,7 м ³ /ч × × 8760 ч/год × 85 % | 64,8 | 2 |
| Выручка от продажи ЕСВ | 0,43 Мт CO ₂ /год × × 7,5 евро/т CO ₂ × × 36,6 руб./евро | – | 118 |
| ИТОГО | | – | 201 |

использование ШМ, в работе находятся две когенерационные установки и еще две запланированы на ближайшее время, построена факельная установка. Проект имеет следующие прогнозные показатели: экономия выбросов в размере 45 млн т эквивалента CO₂ на протяжении всего срока действия, из которых 15–19 млн т эквивалента CO₂ планируется достичь в 2012 г., а 20–26 млн т – в 2013–2017 гг. Прибыльность проекта в значительной степени зависит от финансирования в рамках Киотского протокола и возможности продавать ЕСВ.

Несмотря на то, что российское правительство и крупные компании, такие как ОАО "СУЭК", активизировали деятельность по извлечению и утилизации ШМ за последние 5–6 лет, все еще существует ряд препятствий, которые необходимо преодолеть, чтобы повысить уровень извлечения и утилизации ШМ в будущем.

Среди многочисленных нормативно-правовых проблем с обеспечением исполнения норм и правил безопасности основным барьером для более широкомасштабной добычи и утилизации шахтного метана являются низкие цены на природный газ, которые служат главным ограничивающим фактором для российской угольной промышленности в целом, а не только для утилизации связанного с ней метана. Основным элементом рыночной реформы в энергетическом секторе России в целом выступает рост цен на природный газ до покрывающего расходы и до необходимого по сравнению с ценами на уголь уровня. Именно эта ключевая задача ставилась в последних двух версиях

энергетической стратегии, однако она остается основной проблемой энергетического сектора в России в целом и продолжает нарушать нормальное функционирование сектора.

Низкие цены на тепловую и электроэнергию, отсутствие механизма торговли квотами на выбросы ПГ, извлечение и утилизация ШМ является либо низкорентабельной (срок окупаемости проектов более 8 лет), либо убыточной. Получить финансирование для метановых проектов в России довольно сложно. Даже в том случае, если технико-экономическое обоснование показывает экономическую привлекательность проекта, у угольных компаний часто нет дополнительных капиталов, который можно было бы инвестировать. До сегодняшнего времени компании без энтузиазма относятся к инвестициям в акционерный капитал со стороны сторонних инвесторов. Проблема недостаточного финансирования еще более усугубилась с началом мирового финансового и экономического кризиса.

В России удаленность метановых ресурсов от потенциальных потребителей представляет еще одно препятствие для коммерческой продажи метана. Недостаточно развитая инфраструктура транспортировки метана по газопроводам и стоимость строительства газопроводов могут значительно повлиять на экономическую привлекательность проектов по извлечению и утилизации ШМ. Многим районам по добыче угля не хватает газопроводов и газосборных систем для сбора и транспортировки газа. В таких случаях наиболее экономически целесообразно использовать ШМ на месте, чтобы избежать необходимости сжижения газа и его транспортировки на большие расстояния.

Во многих странах, в том числе и в России, распространенным барьером для осуществления и расширения проектов по утилизации ШМ является волатильность сезонного или рыночного спроса на ШМ как топливо. Многие шахты, использующие метан для обогрева, испытывают дефицит газа в зимние месяцы, когда спрос на тепловую энергию высокий, и в то же время стравливают метан в больших количествах в атмосферу в летние месяцы, когда спрос низкий. Сезонная волатильность спроса представляет проблему и в других странах и решением может быть использование ШМ для производства электроэнергии. В условиях шахт также сложно обеспечить стабильность поставок и качество метана. Развитие и расширение системы газохранилищ может помочь в решении проблемы. Во многих газодобывающих регионах мира подземные хранилища являются самым широко рас-

пространенным способом хранения газа, чтобы удовлетворить сезонные пиковые требования рынка. Чаще всего для этого используются поровые коллекторы, включая истощенные месторождения и хранилища в пустотах.

На данный момент российское законодательство не регулирует в достаточной мере вопросы права собственности на извлекаемый шахтный газ. Необходимо разработать систему, которая бы точно устанавливала владельца газа и предусматривала передачу прав на использование извлеченного ШМ. Сегодня метан извлекается на российских угольных шахтах, чтобы удовлетворять требованиям безопасности и считается побочным продуктом основной деятельности по добыче угля. Поскольку шахтный метан не является отдельным ресурсом, шахты не обязаны иметь и не имеют никаких дополнительных лицензий для его извлечения. ШМ может также считаться отходами производства без четко установленного владельца. Такая юридическая неопределенность является следствием недостаточно четких нормативных документов и препятствует утилизации ШМ третьими сторонами. Таким образом, инвесторы и компании, не являющиеся владельцами шахт, но заинтересованные в эксплуатации ресурсов ШМ, вынуждены создавать совместные предприятия с угледобывающими компаниями, чтобы избежать проблем с решением вопросов о праве собственности.

В России сложилась достаточно сложная система лицензирования деятельности, связанной с полезными ископаемыми. Довольно часто метановым проектам необходимо получить дополнительные лицензии, однако это сложный, запутанный и долгий процесс. Шахты, оснащенные дегазационными системами, могут извлекать и утилизировать ШМ без дополнительных лицензий, и в таком случае разработчики могут сотрудничать с угольными компаниями, чтобы избежать получения дополнительных лицензий. В то же время, если шахта продает газ (или тепловую и электроэнергию, произведенную на основе ШМ) третьей стороне, проекту понадобятся дополнительные лицензии на добычу полезных ископаемых. В таком случае остается неясным, потребует ли такая лицензия угольной компании, владеющей несколькими шахтами, если ШМ будет передаваться с шахты на шахту. Сторонним компаниям, которые покупают метан у шахт, чтобы перепродать полученную на его основе энергию этим же шахтам, возможно, также потребуются лицензии. Для того чтобы избежать таких рисков, разработчики проектов могут сделать выбор в пользу утилизации газа в рамках одной компании (или шахты). Такая неясность относительно прав собственности может создавать



ИНФОРМАЦИЯ

препятствия для успешных по другим показателям проектов по продаже газа.

Также остается неясным, потребуются ли шахтам лицензии в случае продажи ЕСВ, полученных от проектов по сокращению выбросов метана. Предположительно, если ШМ используется самими шахтами, то проекту не потребуются дополнительных лицензий, поскольку в лицензионных требованиях речь идет исключительно об энергии. Однако пока этот вопрос не рассмотрен властями, такой потенциальный риск существует.

Сегодня использование современных технологий для извлечения и утилизации ШМ в России ограничено несколькими шахтами и угольными компаниями. Для использования метана способом сжигания в котельных станциях или газогенераторных установках необходима концентрация метана не менее 30–40 %. Для выполнения этого условия зачастую требуется реконструкция дегазационных систем, так как при их проектировании не всегда предусматривалась утилизация метана. Шахты и угольные компании часто не имеют опыта реализации проектов по утилизации ШМ. В России, где рынок услуг по утилизации ШМ практически отсутствует, существуют предприятия, специализирующиеся на оказании услуг на различных стадиях извлечения и утилизации ШМ, например, бурение скважин, прокладка дегазационных трубопроводов или подготовка документации для проектов по сокращению выбросов ПГ. В то же время ни одно из них не предоставляет полный спектр услуг. В условиях, когда привлечение организации-подрядчика не представляется возможным, угольные компании, которым приходится заниматься утилизацией ШМ, сами создают специализированные подразделения.

В настоящее время в России, как и в большинстве стран, вопросам утилизации ШМ уделяется мало внимания, также отсутствует политическая воля на высших политических уровнях, чтобы создать условия для решения этой проблемы. Постоянное внимание верхних эшелонов власти могло бы помочь координировать усилия. На сегодня научно-технические работы разобщены: создание и внедрение новой техники и технологии дегазации и использования метана осуществляются в рамках отдельно выполняемых проектов, порой без единого научного и организационного руководства. Назначение компетентной и авторитетной организации могло бы привлечь внимание к ШМ в России. Такая организация могла бы проводить экспертизу и мониторинг метановых проектов, чтобы ускорить и упростить их одобрение Ростехнадзором.

Извлечение кондиционных метановоздушных смесей по-прежнему остается относительно новой

концепцией для многих российских угольных компаний. Отсюда вытекает еще одно ограничение — некоторые угольные компании не имеют времени и ресурсов, чтобы исследовать потенциал развития прибыльного проекта на собственных шахтах. К тому же, владельцы могут не знать о существующих финансовых стимулах, предлагаемых местными властями. Ключевой стратегией по преодолению таких информационных барьеров является поддержка информационных программ, которые бы служили связующим звеном между заинтересованными сторонами, обеспечивали техническое обучение, а в некоторых случаях и осуществляли предварительные технико-экономические исследования для определенных проектов. Партнерство "Метан — на рынки" в этом отношении служит полезным информационным ресурсом, который дает возможность доступа к международным сетям и опыту по извлечению и утилизации ШМ. В России международное сотрудничество имеет место начиная с 1990-х гг. Его примером может служить Международный центр исследований угля и метана "Углеметан", который предоставляет информационную базу и платформу для сотрудничества.

В разных странах существует ряд политических мер, стимулирующих утилизацию ШМ, которые доказали свою эффективность. Многие можно позаимствовать из целого ряда разработанных в мире (Австралия, Великобритания, США и Германия) механизмов поддержки, поощряющих утилизацию запасов ШМ и метана угольных пластов. Эти механизмы принимают разные формы и предоставляют разные виды поддержки, однако все они успешно стимулируют сокращение выбросов ПГ и утилизацию ШМ (табл. 3).

Эти механизмы разделяются на следующие категории:

- льготные тарифы, стимулирующие производство электроэнергии;
- обязательства, целью которых является юридически обязать определенных участников рынка использовать ресурсы с помощью квот/обязательств и штрафов за несоблюдение;
- налоговые льготы, которые включают инвестиционные и/или производственные стимулы;
- гранты, предоставляющие стимулы для инвестиций в основной капитал;
- схемы торговли выбросами ПГ — включение ШМ в такие схемы может обеспечить значительную прибыль;
- информационные программы, направленные на стимулирование использования конкретных ресурсов, обеспечивая техническую поддержку и распространение информации.

Таблица 3

Политика и меры, позволяющие контролировать выбросы шахтного метана благодаря его утилизации

| Политическая мера | Описание | Страна | Статус | Выгоды для разработчиков/ устойчивость финансирования |
|--------------------------------|---|----------------|---|--|
| Льготный тариф | Гарантированные в течение 20 лет контракты отбора мощности, предоставляемые генераторам электроэнергии | Германия | Выглядит очень успешной с освоенной мощностью в 70 тыс. кВт/ч за время существования. Применяется для действующих и закрытых шахт | Высокая привлекательность благодаря высокому тарифу, который гарантирован в течение продолжительного периода времени, значительная поддержка для финансирования проектов |
| Обязательства | Обязательство для поставщиков энергии или генераторов ограничить выбросы CO ₂ (Государственная схема по снижению выбросов ПГ; 13 % газовая схема Квинсленда; Схема по снижению выбросов ПГ Нового Южного Уэльса) | Австралия | По имеющимся сведениям, привлекла интерес со стороны сектора утилизации ШМ (только действующие шахты), который стремится к аккредитации схем по утилизации ШМ. Квинслендская схема успешна и планируется повысить обязательство до 18 % | Рыночная инициатива, которая при условии правильного планирования может предоставить экономические стимулы для разработчиков проектов и облегчить их финансирование |
| Налоговые льготы | Скидка по налогу на добычу – 10-летняя налоговая льгота с целью стимулирования производства электроэнергии | США | Схема больше не применяется к шахтному метану. Считается, что ее результатом стала эксплуатация свыше 10 000 скважин на работающих шахтах к 2000 г. | По сути, завуалированный льготный тариф, обеспечивающий уверенность в уровне доходов таким образом упрощающий финансирование проектов |
| | Налог на антропогенное воздействие | Великобритания | Внедрение схемы в 2003 г. Сегодня ее влияние ограничено | Инициатива увеличивающая рентабельность проекта, но недостаточная сама по себе в условиях небольшого оптового рынка электроэнергии в Великобритании |
| Гранты | Программа по снижению выбросов ПГ (грант, покрывающий 50 % затрат по проекту) | Австралия | Пять проектов на работающих шахтах уже получили финансирование, до конца 2004 г. запись на финансирование по программе завершилась | Гранты могут стать серьезным стимулом и при грамотном планировании могут обеспечить устойчивое финансирование |
| Торговля квотами на выбросы ПГ | Британская схема торговли выбросами, существовавшая в Европейской системе торговли выбросами | Великобритания | Проекты успешно проводились на работающих шахтах. Схема завершила работу в декабре 2006 г. | Крупные потоки денежных средств вследствие проведения обратных аукционов по продаже сокращенных выбросов в марте 2002 г. |

Вопросы шахтного метана касаются двух отдельных проблем:

- 1) извлечения ШМ из соображений безопасности посредством более строгого соблюдения техники безопасности;
- 2) стимулирование утилизации ШМ посредством соответствующих инструментов и инициатив.

Внесение в 2007 г. Ростехнадзором требования об обязательной дегазации газообильных шахт (РД-15-09–2006) уже способствует повышению безопасности горных работ. Более эффективное обеспечение соблюдения правил безопасности в России является первоочередной задачей, особенно в контексте прогнозируемого увеличения добычи угля из более газообильных шахт, чтобы удовле-

творить рост спроса на внутреннем рынке и экспортный спрос. Контрольные органы в России часто испытывают недостаток финансовых ресурсов и персонала, чтобы эффективно выполнять возложенные на них природоохранные нормативными документами и законами. Эта проблема становится особенно острой, когда контролирующие органы не имеют равноценного доступа к информации, учитывая разницу в масштабах и ресурсах между контролирующим органом и крупными компаниями, контроль и мониторинг которых они должны осуществлять. В этой связи российское правительство должно удовлетворить потребности Ростехнадзора в финансовых ресурсах, чтобы обеспечить соответствующую комплектацию и качество обучения персонала.



ИНФОРМАЦИЯ

Российское законодательство не проясняет в достаточной мере правовой статус извлекаемого газа и его утилизацию, что затрудняет деятельность компаний и инвесторов, заинтересованных в утилизации извлеченного ШМ на российских шахтах. Кроме вопросов принадлежности газа, процедуры получения лицензий создают еще одно препятствие для инвесторов, поскольку оформление многочисленных разрешений — долгий и дорогостоящий процесс. Принимая во внимание, что шахты часто не заинтересованы или не имеют средств для утилизации ШМ, привлечение сторонней компании или инвестора могло бы стимулировать утилизацию ШМ на российских шахтах. Простая и четкая процедура выдачи лицензий также значительно облегчила бы развитие проектов по утилизации ШМ.

Распоряжение Правительства РФ об "Основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года", которое устанавливает конкретные целевые показатели объема производства электроэнергии с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), может привлечь инвестиции в извлечение и утилизацию ШМ, поскольку производство электроэнергии на основе ШМ попадает под действие этого распоряжения. Для реализации этого распоряжения необходимо будет разработать и принять целый ряд подзаконных актов и постановлений. Наиболее целесообразным вариантом будет, скорее всего, использование метана для нужд самих шахт или в населенных пунктах, расположенных недалеко от шахт. Если объемы производимой энергии будут превышать локальный спрос, продажа электроэнергии через распределительные сети для использования в других населенных пунктах также может иметь место. Для осуществления такой меры необходим будет более прозрачный механизм доступа третьих сторон к электросетям. В случаях продажи высококачественного ШМ (с содержанием метана свыше 95 %) необходимо будет урегулировать доступ к газопроводной системе, принадлежащей государственному монополисту — компании "Газпром".

Целенаправленная поддержка научно-исследовательских проектов по утилизации ШМ уже начала осуществляться в России. Уже реализуется государственный контракт, над которым совместно работали Роснаука, ОАО "СУЭК" и ИПКОН РАН.

Различные формы налоговых стимулов, включая налоговые кредиты, освобождения и скидки, могут стимулировать новую практику и внедрение новых технологий, повышая экономическую рентабельность утилизации ШМ. В то же время необ-

ходим контроль со стороны властей, чтобы не допустить злоупотребления налоговыми льготами со стороны компаний, занимающихся извлечением метана угольных пластов (а не ШМ). Метан угольных пластов разрабатывается как месторождение природного газа, а не выделяется в процессе угледобычи, и не должен попадать под действие таких льгот.

Еще один вариант, который могло бы рассмотреть российское правительство, — повышение экологических платежей за выбросы вредных веществ, в том числе и метана, в атмосферу. Если платежи повысятся до уровня, ощутимого для промышленности, интерес к утилизации и факельному сжиганию стравливаемого в атмосферу ШМ может возрасти. Такая мера могла бы значительно снизить выбросы метана из российских шахт и ограничить их негативное влияние на окружающую среду. Помимо проектов Совместного осуществления Зеленой инвестиционной схема может использоваться для направления прибыли от продажи единиц сокращения выбросов в проекты по шахтному метану действующих шахт. Однако эта схема в России также еще не одобрена российским правительством.

В России сегодня отсутствует единая методологическая база для разработки проектов по использованию ШМ, а проектным организациям без помощи НИИ не хватает опыта для проектирования систем утилизации метана. Налицо также недостаточная координация действий между различными учреждениями, ответственными за разные аспекты деятельности по извлечению и утилизации ШМ.

Российскому правительству следует занять более сильную руководящую позицию по вопросам разработки и реализации политики по извлечению и утилизации ШМ.

Активный координационный орган мог бы сконцентрировать свою работу на преодолении основных барьеров и проблем в области извлечения и утилизации ШМ в России, а также создавать условия для диалога с ключевыми международными организациями и компаниями. Он мог бы стать информационным центром по распространению информации и проведению исследований для всех крупных и малых угольных компаний в России с целью повысить осведомленность о существующих проблемах, а также содействовать обмену информацией о политике и международной передовой практике. Результатом деятельности координационного органа могло бы стать радикальное увеличение количества извлеченного и использованного метана в России, что позволило бы повысить конкурентоспособность шахт и способствовало бы более устойчивому экономическому развитию угольного сектора и сектора энергетики в целом.



ИННОВАЦИИ, МЕНЯЮЩИЕ ЛИЦО ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Джереми Хак,
президент ВР России

В Обзоре мировой энергетики (World Energy Outlook), который выпущен Международным Энергетическим Агентством (МЭА) в 2011 г., отдельная тематическая глава посвящена будущему природного газа. Авторы МЭА озаглавили ее "Вступаем ли мы в золотой век газа?" [1]. Газовиков не может не порадовать уже сама формулировка вопроса. Энтузиасты российского газа уже давно предсказывали наступление "Эры метана", когда природный газ, ставший привычным топливом для бытовых газовых плит, домашних и промышленных отопительных котлов и электростанций, возьмет последний бастион, удерживаемый жидкими видами ископаемого топлива, — транспорт. Им виделись не только автомобили, но и локомотивы, суда и даже самолеты, работающие на природном газе [2]. На наших глазах разворачиваются процессы, в результате которых все это может стать реальностью.

Причем реальностью, вносящей, помимо прочего, и значительный вклад в скорейшее решение одной из наиболее насущных задач, стоящих сегодня перед человечеством, — сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов и других загрязняющих веществ. В данной статье я хочу остановиться именно на этих глобальных трендах. Специалисты компании ВР, представившие в январе 2011 г. на суд общественности свой прогноз развития мировой энергетики до 2030 г. [3], фактически дали ответ на вопрос МЭА: "Да, вступаем". По нашим оценкам, в последующие два десятилетия газ будет самым быстрорастущим видом ископаемого топлива (которое в совокупности обеспечит большую часть (64 %) прироста мирового энергопотребления). Мы ожидаем, что к 2030 г. доля природного газа в мировом энергобалансе вырастет до 26...27 % с нынешних 23,8 %.

Наиболее быстрым будет рост потребления газа в развивающихся странах Азии (4,6 % в год), в том

числе в Китае (7,6 % в год). Но и в развитых странах спрос на газ будет расти, что будет обусловлено как замещением газом угля в электроэнергетике, так и применением природного газа (именно природного, а не привычного нам сжиженного углеводородного газа — СУГ) на транспорте. При этом технологии применения газа развиваются так быстро, что, выпуская наш доклад, мы признали возможность увеличения прогнозируемых объемов потребления газа. И масштабы использования газа на транспорте (в нынешнем варианте прогноза газ удовлетворяет только около двух процентов спроса на моторное топливо к 2030 г.) будут одной из основных тем, которой мы уделим пристальное внимание.

Какие же инновации определяют необходимость столь быстрого обновления прогнозных оценок? Нам кажется, имя одного из основных технологических новшеств, быстро меняющего облик газовых рынков, СПГ — сжиженный природный газ.

СПГ — двойная революция на транспорте

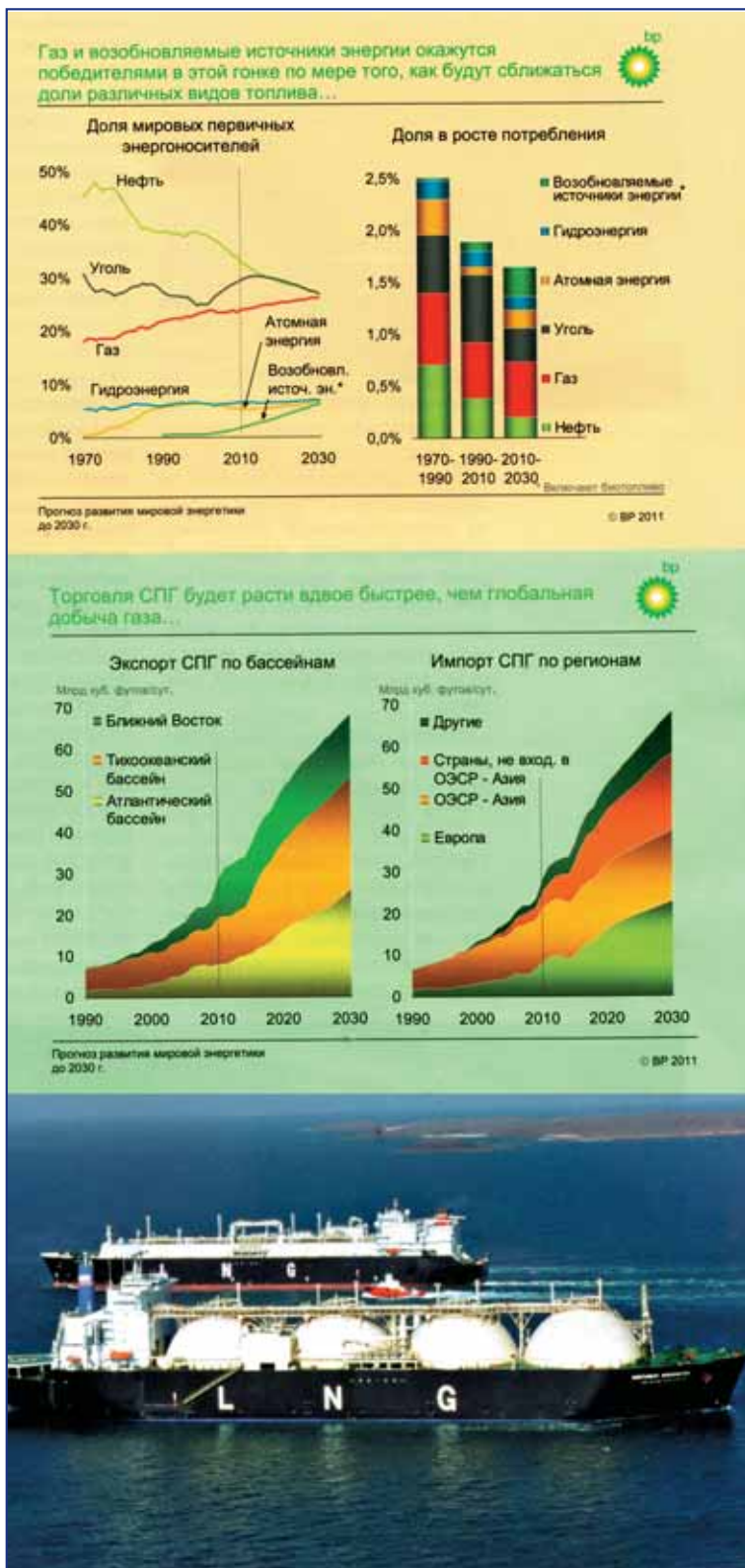
Про то, как появление СПГ-танкеров революционизировало поставку газа на дальние расстояния и способствовало растущей интеграции мировых газовых рынков, написано уже немало. Напомним некоторые факты.

1. За последние пять лет поставки СПГ на мировой рынок выросли на 58 % — в три раза больше, чем мировая добыча газа. В частности, в 2010 г. поставки СПГ выросли на 22,6 % (против 5,4 % роста международных поставок газа по трубопроводам). Доля СПГ в мировой торговле газом выросла с 23 % в 2005 г. до 31 % в 2010 г. и будет продолжать расти, по нашим оценкам, в среднем на 4,4 % в год в течение ближайших двадцати лет).

2. Именно совпадение во времени роста мировых мощностей по сжижению газа с "революцией"



ИНФОРМАЦИЯ



сланцевого газа в США привело к тому, что рынки ощутили последствия этой революции далеко за пределами Северной Америки — прежде всего в Европе. Не будь СПГ, никому бы не пришлось в голову увязывать рост добычи газа в США с сокращением (или ростом меньше возможного) добычи газа в России (напомним, что США уже второй год подряд обгоняют Россию по объему добычи газа).

Но связь была. Часть СПГ, оказавшегося невостребованным в США из-за роста собственной добычи, была перенаправлена в Европу по ценам ниже зафиксированных в долгосрочных контрактах на поставку российского газа. Это стало основной причиной того, что спрос на российский газ в Европе упал более значительно, чем сокращение потребления газа в связи с экономическим кризисом (в 2009 г. даже ниже минимально оговоренных контрактных объемов). Как ни неприятны были для России эти события, для мировой экономики возникновение данной причинно-следственной цепочки было знаменательным явлением на пути к возникновению интегрированного глобального газового рынка.

3. Инновационное развитие в производстве и транспортировке СПГ продолжается. Весной 2011 г. компания Shell ввела в строй первый в мире плавучий завод по сжижению природного газа, стали появляться плавучие заводы по регазификации СПГ. В Австралии реализуются проекты по производству СПГ на основе газа из нетрадиционных источников (угольного метана). В США одобрены первые проекты по переоборудованию заводов по регазификации в заводы по сжижению, что позволит начать экспорт газа, добытого в Северной Америке.

Все это свидетельствует о расширении географии производства и потребления СПГ. В связи с этим

превращение региональных рынков газа (прежде всего, Евразийского, Североамериканского и Азиатского) в единый глобальный рынок можно уже считать не фантазией, а грядущей реальностью (пусть и не завтрашнего дня). Но помимо уже свершившейся революции транспортировки газа в виде СПГ инновации приближают и следующую революцию – превращение СПГ в серьезного конкурента жидким нефтепродуктам в качестве моторного топлива. Нам кажется, что не менее значимым, чем появление СПГ-танкеров, стало появление автомобилей и других транспортных средств, использующих СПГ на автомобилях с двигателями внутреннего сгорания.

Следует оговориться, что появление двигателей внутреннего сгорания, работающих на газе, нельзя отнести к свежим инновациям. По дорогам многих стран мира уже давно колесят грузовые и легковые автомобили и автобусы, заправленные либо СУГ (пропан, бутан), либо сжатым природным газом (метан). По данным Ассоциации автомобилей на природном газе (Natural Gas Vehicle Association – NGVA), в настоящее время в мире насчитывается уже 13 млн автомобилей, использующих метан в качестве топлива (наиболее продвинулись в этом направлении Пакистан, где 70 % автомобилей работают на метане, и некоторые страны Латинской Америки – 20...25 % автопарка на метане) [4].

В следующие десять лет в мире ожидается рост числа автомобилей на метане до 65 млн (т.е. около 18 % в год) [5]. Представляется, что начало использования СПГ как моторного топлива способно внести заметный вклад в этот процесс. Остановимся на факторах, которые позволяют нам так думать.

Экологичность

При сжигании в двигателе внутреннего сгорания метан обеспечивает меньшие выбросы в атмо-

сферу парниковых газов и прочих загрязняющих веществ. По оценкам Европейской группы экспертов по моторным топливам будущего (European Expert Group on Future Transport Fuels – EEGFTF), метан обеспечивает на 20...24 % меньше выбросов CO₂, чем бензин, и на 5...7 % меньше, чем дизель стандарта Евро-5 [6]. Современные двигатели, рассчитанные на сжигание метана, позволяют легко ограничить объем выбросов в соответствии со стандартом Евро-6. Выбросы твердых загрязняющих частиц практически равны нулю.

Более того, согласно данным компании Rolande LNG B.V., разработанные ею двигатели обеспечивают меньший уровень выбросов, чем предусмотрено стандартом Евро-7, который может быть введен в перспективе [7].

Экономичность

Расчеты NGVA показывают, что десять евро, потраченные на заправку автомобиля в феврале 2011 г., давали его хозяину возможность проехать 111 км на бензине, или 152 км на дизеле, или 246 км на сжатом газе [8].

Дополнительное преимущество СПГ по сравнению со сжатым природным газом заключается в возможности его более компактного хранения на автомобиле. При оснащении тяжелого грузовика одним-двумя баками СПГ (по размеру сопоставимыми с обычными дизельными) одна заправка дает возможность пробега от 600 до более чем 1000 км.

Кроме того, СПГ прибывает в Европу уже в готовом для заправки виде и может либо сразу отпускаться автомобилистам, либо его можно перевезти в СПГ-цистерне на заправочную станцию (СПГ-цистерны могут использоваться и как мобильные заправки). Заслуживает внимания ини-



ИНФОРМАЦИЯ

циатива NGVA по реализации проекта "Голубые коридоры" – планов создания единой европейской системы заправок СПГ для автомобильного транспорта.

Эксперты EEGFTF считают, что даже если электромобили со временем станут предпочтительным видом городского транспорта, природный газ будет обладать преимуществами в качестве топлива для перевозок на средние и дальние расстояния. По оценкам представителей "Газпрома", использование СПГ на автотранспорте может вырасти к 2030 г. до 80 млрд м³ в год с нынешних 3 млрд м³ в год [9].

Более того, "Газпром" прогнозирует и заметное увеличение использования природного газа как бункерного топлива для морского транспорта. По данным компании, моря уже бороздят 16 судов на СПГ и еще 56 заложены на стапелях [10]. В связи с планами Еврокомиссии по ограничению загрязняющих выбросов морских судов, зарегистрированных в ЕС, на 40...50 % к 2050 г. [11] можно ожидать дальнейшего роста использования природного газа на водном транспорте. Видят эксперты EEGFTF и нишу для использования природного газа на железнодорожном транспорте – по крайней мере, там, где электрификация экономически нецелесообразна.

Мы остановились только на двух инновациях, преобразующих газовые рынки. Безусловно, у российской промышленности хорошие шансы принять участие в этих революционных преобразованиях. Хотя Россия и с опозданием включилась в процессы, путь которым открыла первая СПГ-революция (появление СПГ-танкеров и СПГ-терминалов), она может стать пионером на новых рынках, создаваемых второй СПГ-революцией (появлением транспортных средств, использующих СПГ как топливо). Ведь в России уже давно построены и железнодорожный локомотив, и речное судно, и даже самолет, использующие метан как топливо. По оценкам российского министерства энергетики, в самой России существует потенциал четырехкратного увеличения использования природного газа на транспорте. Мы считаем, что Россия может использовать этот шанс и для наращивания экспортных поставок российского газа в Европу (а возможно, и не только в Европу). Причем даже в условиях усиливающейся конкуренции между поставщиками газа на европейский рынок (хотя, конечно, успешно конкурировать можно будет,

только сохранив себестоимость поставок российского газа на более низком, чем у конкурентов уровне).

Масштабное использование СПГ на транспорте возможно только при значительных инвестициях в развитие инфраструктуры (заправочные станции, обслуживание автомобилей на газе). Иначе характерная для новых, только еще формирующихся рынков проблема курицы и яйца (поставщикам нужно достаточное число покупателей, а покупателям для принятия решения о переводе автомобиля на газ нужна развитая инфраструктура) будет решаться очень медленно. Масштаб таких инвестиций весьма значителен. Но если Россия решится на них, они обеспечат ей долю новых перспективных рынков.

Европейские страны (с их особым вниманием к повышению экологичности транспорта) кажутся нам привлекательными объектами для таких инвестиций. И что примечательно, законодательные новации Евросоюза, такие как "Третий энергетический пакет", не чинят препятствий для инвестиций российских компаний в развитие газовой инфраструктуры, необходимой для расширения применения природного газа на транспорте. Нам кажется, такой шанс не стоит упускать!

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. "Are we entering a golden age of gas?". OECD/IEA, 2011. www.iea.org.
2. **Одиссея голубого огня** / Ю. Боксерман, Т. Юльева, М., 1979.
3. **BP energy outlook 2030** – BP. 2011. www.iea.org, www.bp.org.
4. **Future Transport Fuels**. Report of the European Expert Group on Future Transport Fuels, January 2011.
5. **Our strong voice supports NGVs in Europe!** www.ngvaeurope.eu.
6. **Future Transport Fuels**. Report of the European Expert Group on Future Transport Fuels, January 2011.
7. www.rolandeng.nl.
8. **Our strong voice supports NGVs in Europe!** www.ngvaeurope.eu.
9. **Выступление Сергея Комлева**, директора управления по ценообразованию и структурированию контрактов Газпромэкспорта, на конференции по инновационным способам использования природного газа, Брюссель, 24.06.2011 г.
10. **White paper: Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system**. EC. 28.03.2011.

"Газовый бизнес", 2011. № 4. ■