Color profile: Disabled
Composite Default screen

АГЗК + АТ «АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 8 (68) 2012 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Мамедова Т.А.
Получение биодизельных топлив с применением ультразвукового кавитатора . . . 3

Баюкин М.В., Нечеухин К.К.
Методологические подходы к разработке автоматизированных информационно-аналитических систем управления охраной окружающей среды для объектов переработки, хранения и сбыта нефтехимической продукции . . . 8

Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М., Илолов А.М., Тшисвака Мутомбо, Третьяков К.В., Забористов В.Н., Ряховский В.С., Туракулова А.О.
Научные и практические аспекты производства дивинила из биоэтанола . . . 16

Мамедов А.П., Наджафова М.А., Джафарова Р.А., Салманова Ч.К., Ахмедбекова С.Ф.
Фотохимические превращения нефти Абшеронского района в природной среде . . . 28

Олег Попов, Александр Брагин, Наталья Еремина, Сергей Мильман, Вадим Удут
Автотракторные топливные системы для использования СПГ в качестве моторного топлива . . . 33

Ожегов Д.
GasSUF-2012. Итоги . . . 40

Порожняков С.
Водород для автомобилей (Германия) . . . 42

Пронин Е.
Перспективы природного газа для транспорта (США) . . . 43
Единая Америка за природный газ . . . 44
Opel Insignia перешел на сжиженный газ . . . 45
В 2015 году Toyota предложит автомобили на водороде . . . 45

Сотникова А.
"Газпром" переведет белорусский транспорт на газомоторное топливо . . . 46
Газогенераторный автомобиль . . . 47
СПГ в Свердловской области . . . 53
Свердловская область может начать добычу собственного природного газа . . . 54
О сжатом природном газе на транспорте . . . 55

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:
д.т.н. **С.П. Горбачев**
(ООО "ВНИИГАЗ", г. Москва)
член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов**
(Респ. Татарстан, г. Казань)
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. НАН **Ю.Н. Литвишков**
(Азербайджан, г. Баку)
академик НАН **И.И. Лиштван**
(Беларусь, г. Минск)
академик РАЕН **С.В. Мещеряков**
(МИНГП, г. Москва)
д.э.н. **А.В. Николаенко**
(МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва)
О.Н. Румянцева
(ООО "Издательство Машиностроение")
д.х.н. **Р.М. Талышинский** (РАН ИНХС, г. Москва)
академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов**
(Респ. Казахстан, г. Алматы)

Редакторы:
М.И. Бирюков
О.А. 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 18.10.2012 г.
Формат 60×84 1/8. Бумага мелованная.
Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 7,69.
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 сылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

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

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:29

Color profile: Disabled
Composite Default screen

АГЗК + АТ

«AutoGas Filling Complex + Alternative fuel»

AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 8 (68) 2012 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

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

CONTENTS

Mamedova T. A.
The obtaining of biodiesel fuels witn application jf ultrasound cavitator 3

Bayukin M.V., Necheuhin K.K.
Methodological approaches to the development automated information-analytical systems environmental management for the processing facilities, storage and marketing of petrochemical products 8

Tretyakov V.F., Talyshinsky R.M., Ilolov A.M., Tshisvaka Mutombo, Tretyakov K.V, Zaboristy V.N., Ryakhovsky V.S., Turakulova A.O.
Scientific and practical aspects of the production of butadiene from bioethanol 16

Mamedov M.A., Najafova M.A., Jafarova R.A., Salmanova Ch.K., Axmedbekova S.F.
Photochemical transformations of oils Absheron region in the natural environment 28

Oleg Popov, Alexander Bragin, Natalia Eremina, Sergei Milman, Vadim Udut
Autotractor fuel systems for the use of CNG as motor fuel 33

Ojegov D
GasSUF-2012. Results 40

Porojniakov S.
Hydrogen for cars (Germany) 42

Pronin E.
Prospects of natural gas for transportation (U.S.) 43
One America for natural gas 44
Opel Insignia switched to LPG 45
In 2015, Toyota will offer cars on hydrogen 45

Sotnikova A.
"Gazprom" will translate Belarusian trucks to natural gas 46
Gasification car 47
LNG in the Sverdlovsk region 53
Sverdlovsk region can begin production of its own natural gas 54
About compressed natural gas for transportation 55

Founder –
LLC "Publishers Machinostroenie"

Editor-in-chief:
V.F. Tretyakov – academician of RAES, doctor of chemical sciences, professor

Deputy editor
N.V. Nefedova

Chairman of the editorial board
V.F. Kornyushko – doctor of technical sciences, honored scientist of the Russian Federation

The editorial board:
doct. of techn. sc. **S.P. Gorbachev** (LLC "VNIIGAZ", Moscow)
corresponding member of the AS RT **G.S. D'yaconov** (Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **N.A. Ivashchenko** (Bauman MSTU, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov** (LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **G.K. Lavrenchenko** ("UA-SIGMA", Ukraine)
corresponding member of the ANAS **Y.N. Litvishkov** (Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan** (Belarus, Minsk)
academician of the RANS **S.V. Meshcheryakov** (MINGP, Moscow)
doct. of econom. sc. **A.V. Nikolaenko** (Bauman MSTU, Moscow)
O.N. Rumyantseva (LLC "Publishers Machinostroenie")
doct. of chem. sc. **R.M. Talyshinsky** (TIPS RAS, Moscow)
Academician of the NAS RK **E.M. Shaikhutdinov** (Kazakhstan Resp., Almaty)

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

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:33

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ПОЛУЧЕНИЕ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КАВИТАТОРА

Мамедова Тарана Аслан кызы, вед. научн. сотр. ин-та Нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, Баку, канд. техн. наук

Проведены исследования процесса получения биодизельных топлив на основе рафинированных подсолнечного, кукурузного и оливкового, нерафинированных хлопкового и пальмового растительных масел с метанолом с использованием различных типов катализаторов при применении процесса ультразвуковой кавитации. Выявлено, что использование ультразвукового кавитатора для процесса получения биодизельных топлив с применением гидроксидов калия, натрия и тетраметиламмония позволяет сократить время реакции трансэтерификации до 30 с, уменьшить расход катализатора на 30...50 % и достичь выхода биодизельных эфиров 97...99,5 % в случае использования нерафинированных и рафинированных сортов растительных масел соответственно. Установлено, что среди испытанных в качестве катализатора ионных комплексов диэтиламин гидросульфат в условиях ультразвуковой кавитации позволяет достичь выхода биодизельных эфиров 96...98 % для рафинированных и нерафинированных сортов растительных масел соответственно.

Ключевые слова: биодизельные топлива, ультразвуковая кавитация, рафинированные и нерафинированные растительные масла, гидроксид тетраметиаммония, ионные комплексы.

THE OBTAINING OF BIODIESEL FUELS WITH APPLICATION OF ULTRASOUND CAVITATOR

Mamedova Tarana Aslan kyzy, senior research fellow of the Institute of Petrochemical Processes of ANAS, Baku, PhD. Technical Science

It was researched the process of obtaining biodiesel fuel on the basis of refined sunflower, corn, olive, and unrefined cottonseed, palm vegetable oils with methanol using different types of catalysts in the application of ultrasonic cavitations'. It was found that the use of ultrasound cavitator for the process of obtaining of biodiesel fuels with using of KOH, NaOH, and tetramethylammonium hydroxide reduce the time of transesterification to 30 seconds, the amount of catalyst to 30...50 % and reach the yield of biodiesel esters up to 97...99,5 % in the case of crude and refined vegetable oils respectively. It was found also that among the tested as a catalyst ionic complexes the hydrogen sulfate of diethylamine in ultrasonic cavitation can reach the yield of biodiesel esters up to 96...98 % for refined and unrefined vegetable oils respectively.

Keywords: biodiesel fuel, ultrasonic cavitations, refined and unrefined vegetable oils, tetramethylammonium hydroxide, ionic complexes.

Биодизельные топлива, получаемые на основе растительных масел и простых спиртов, все прочнее занимают позиции на рынке альтернативных видов топлив, а технологии их получения основываются на реакции трансэтерификации триглицеридов растительных масел спиртами с использованием щелочных катализаторов.

Основным недостатком данного метода получения биодизельных эфиров является большая длительность процесса (5–6 ч), использование в основном рафинированных видов растительных масел и необходимость тщательной осушки сырья и катализаторов, так как в противном случае протекает реакция омыления, что приводит к снижению выхода основного продукта и трудности сепарации фаз глицерин/эфир.

Усовершенствования методов получения биодизельных топлив первого поколения идут в направлении поиска новых типов сырья и катализаторов [1–18], совмещения обычных методов получения биодизеля с такими физическими методами, как сверхкритическая экстракция [19–23], кавитация [24–27] и микроволновое облучение сырья [28–42]; разработки замкнутых технологических и энергетических циклов, позволяющих значительно снижать затраты на производство биодизеля [43–46].

Интенсификация скорости химических реакций в жидкой среде может быть достигнута за счет кавитационных явлений в жидкостях, что в последнее время исследуется для производства биодизеля.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:33

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Само явление кавитиции – это образование в капельной жидкости полостей, заполненных газом, паром или их смесью (так называемых кавитационных пузырьков, или каверн). Кавитационные пузырьки образуются в тех местах, где давление в жидкости становится ниже некоторого критического значения. Это может происходить при: увеличении ее скорости (гидродинамическая кавитация), при прохождении акустической волны (акустическая кавитация), при воздействии интенсивного лазерного импульса (оптическая кавитация), при прохождении электромагнитного поля (магнитно-импульсная кавитация).

Ведущую роль в образовании пузырьков при кавитации играют газы, выделяющиеся внутри образующихся пузырьков. Эти газы всегда содержатся в жидкости, и при местном снижении давления начинают интенсивно выделяться внутри указанных пузырьков. Поскольку под воздействием переменного местного давления жидкости пузырьки могут резко сжиматься и расширяться, то температура газа внутри пузырьков колеблется в широких пределах и может достигать 1500 °С. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну.

Под воздействием такой ударной волны происходит разрыв молекул жирных кислот растительных масел посредством микровзрывов; это приводит к снижению вязкости, увеличению цетанового числа, улучшению энергетических характеристик будущего топлива, а также значительно увеличивает скорость и качество протекания реакции этерификации. При этом реакция проходит без внешнего подогрева.

В данной работе был исследован процесс получения биодизельных эфиров путем трансэтерификации триглицеридов растительных масел (рафинированных и нерафинированных) с вовлечением в процесс различных тиров катализаторов с использованием ультразвукового кавитатора UIP2000hd фирмы Hielsher.

Экспериментальная часть

Синтез метиловых эфиров растительных масел с применением ультразвукового кавитатора проводился на лабораторной установке, показанной на рис. 1.

Ультразвуковой процессор создает продольные механические колебания с частотой 20 кГц путем электрической стимуляции (обратный пьезоэлектрический эффект). Сонотрод, связанный с преобразователем, усиливает колебания и передает их в

Рис. 1. *Внешний вид лабораторной ультразвуковой установки:*
1 – трансдьюсер (преобразователь), служит для электромеханического преобразования ультразвукового процессора в механические колебания; *2* – устройство для крепления; *3* – бустер – механическая часть, установленная между преобразователем и сонотродом. В зависимости от направления установки, служит для увеличения или уменьшения механических амплитуд сонотродов; *4* – сонотрод – часть ультразвукового процессора, связанная с бустером, служит для передачи колебаний в реакционную среду; *5* – реактор; *6* –рубашка реактора с отводами для подачи теплоносителя; *7* – разъем для подсоединения кабеля к генератору; *8* –генератор – электрическая часть ультразвукового процессора

жидкость через фронтальную поверхность. Ультразвуковые колебания, поступающие на сонотрод с частотой 20 000/с с механической амплитудой до 150 мкм генерируют в реакционной среде кавитацию, вызывающую увеличение температуры и давления, что может выгодно инициировать протекание тех или иных реакций.

Синтез метиловых эфиров рафинированного подсолнечного масла проводился в металлическом реакторе *5*, с находящимся в нем сонотродом ультразвукового кавитатора.

Перед началом эксперимента в смеситель насоса, подающего реакционную смесь в реактор, помещается взвешенное количество используемого метанола, с растворенным в нем рассчитанным количеством катализатора и растительного масла. Затем включается насос и реакционная смесь поступает в реактор *5* посредством отвода в верхней части реактора, соединенного с насосом с помощью шланга. При этом одновременно включается генератор ультразвуковой процессора *8*, создающий ультразвуковую волну определенной частоты, которая при помощи преобразователя преобразуется в электромеханическую волну соответствующей

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:37

Color profile: Disabled
Composite Default screen

амплитуды, передаваемую реакционную среду посредством бустера и сонотрода.

После этого реакционная смесь через нижнее отверстие в реакторе, соединенное с входом смесителя насоса посредством шланга, вновь поступает на смеситель насоса, откуда может снова поступить в реактор, где, при необходимости, будет снова подвергнуто ультразвуковому воздействию.

Время пребывания реакционной смеси в зоне кавитации за один цикл составляет 20 с.

По окончании процесса реакционная смесь сливается в делительную воронку, где происходит ее расслоение на два слоя: верхний – эфирный, нижний – глицериновый. После этого оба слоя сливаются, при необходимости отгоняется излишек спирта (если спирт взят с избытком) и очищаются от следов катализатора посредством пропускания их через колонку с ионообменными смолами (КУ-2-8).

Обсуждение полученных результатов

По описанной выше методике метиловые эфиры различных сортов растительных масел были получены на лабораторной кавитационной установке при использовании в качестве катализаторов гидроксидов калия и тетраметиламмония, тетраметиламмоний ацетата, тетраметиламмоний дигидрофосфата, диэтиламин гидросульфата и трифторбората диэтиламина. Условия проведения процесса, а также соотношение исходных реагентов и катализаторов приведены в табл. 1.

Материальный баланс процесса трансэтерификации растительных масел масла с метанолом методом ультразвуковой кавитации при использовании в качестве катализатора гидроксида калия приведен в табл. 2.

Как видно из представленных в табл. 2 данных, проведение процесса трансэтерификации рафинированных и нерафинированных растительных масел метанолом с использованием в качестве катализатора гидроксида калия на лабораторной кавитационной установке позволяет достичь выхода биодизельных эфиров 99...99,5 % (на использованное масло) в случае использования в качестве сырья рафинированных сортов растительных масел и 95,5...97 % – при использовании нерафинированных растительных масел. При этом количество катализатора также зависит от типа использованного

Таблица 1

Условия проведения процесса и соотношение исходных реагентов для использованных катализаторов

Условия проведения процесса и соотношение исходных реагентов	Катализаторы					
	Гидроксид калия	Гидроксид тетраметиламмония	Тетраметиламмоний ацетат	Тетраметиламмоний дигидрофосфат	Диэтиламин гидросульфат	Трифтор борат диэтиламина
Для рафинированных сортов растительных масел						
Время реакции, с	20	20	120	120	60	120
Количество катализатора, % (на масло)	0,3	0,3	30	30	30	30
Соотношение масло:спирт	1:3	1:3	1:6	1:6	1:6	1:6
Температура реакции, °С (поддерживается за счет кавитации)	70	70	75	75	75	75
Для нерафинированных сортов растительных масел						
Время реакции, с	20	20	120	120	60	120
Количество катализатора, % (на масло)	0,5	0,5	40	40	40	40
Соотношение масло:спирт	1:6	1:6	1:8	1:8	1:6	1:8
Температура реакции, °С (поддерживается за счет кавитации)	70	70	75	75	75	75

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:38

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 2

Материальный баланс процесса трансэтерификации растительных масел масла с метанолом методом ультразвуковой кавитации при использовании в качестве катализатора гидроксида калия

	Подсолнечное рафинированное		Подсолнечное нерафинированное		Кукурузное рафинированное		Оливковое рафинированное		Пальмовое нерафинированное		Хлопковое нерафинированное	
	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
Взято, % масс.												
Масло	1,00	90,0	1,00	80,0	1,00	90,0	1,00	90,0	1,00	80,0	1,00	80,0
Спирт	0,11	10,0	0,25	20,0	0,11	10,0	0,11	10,0	0,25	20,0	0,25	20,0
Всего:	1,11	100,0	1,25	100,0	1,11	100,0	1,11	100,0	1,25	100,0	1,25	100,0
Получено % масс.												
Эфир	0,99	89,2	0,97	77,6	0,995	89,6	0,99	89,2	0,955	76,4	0,960	76,8
Глицерин	0,105	9,45	0,10	8,0	0,090	9,63	0,10	9,0	0,085	6,8	0,087	7,0
Мыло	0,005	0,45	0,03	2,4	0,005	0,45	0,01	0,9	0,05	4,0	0,045	3,6
Возвратный спирт	0	0	0,13	10,4	0	0	0	0	0,1	11,2	0,138	11,0
Потери	0,01	0,9	0,02	1,6	0,02	0,32	0,01	0,9	0,02	1,6	0,02	1,6
Всего	1,11	100,0	1,25	100,0	1,11	100,0	1,11	100,0	1,25	100,0	1,25	100,0

растительного масла. Если для рафинированных сортов растительных масел требуется 0,3 % катализатора (на масло), то для нерафинированных сортов масел требуется 0,5 % катализатора, что, однако, меньше, чем это требуется при традиционном проведении процесса трансэтерификации растительных масел простыми спиртами – 1...1,5 % (т.е. без применения явления кавитации).

Кроме этого, при использовании в качестве сырья нерафинированных растительных масел требуется избыток используемого количества спирта (соотношение масло:спирт должно быть 1:6), в отличие от стехиометрически необходимого количества 1:3 в случае использования рафинированных сортов растительных масел. При этом избыток спирта может быть возвращен в систему.

Практически идентичная картина складывается при использовании в качестве катализатора гидроксида тетраметиламмония (табл. 3).

Выход метиловых эфиров рафинированных растительных масел составляет 99...99,5 % мас. (на использованное масло), для нерафинированных – несколько ниже – 96,0...97,0 % мас.

Как и в случае использования в качестве катализатора гидроксида калия, так и при использовании гидроксида тетраметиламмония для нерафи-

Таблица 3

Выходы метиловых эфиров растительных масел при использовании аминосодержащих катализаторов

Использованные растительные масла	Катализаторы				
	гидроксид тетраметиламмония	тетраметиламмоний ацетат	тетраметиламмоний дигидрофосфат	диэтиламин гидросульфат	трифторборат диэтиламина
	Выход метиловых эфиров растительных масел, %				
Рафинированные	99,0...99,5	0	0	95,6...96,0	0
Нерафинированные	96,0...97,0	0	0	97,0...98,0	0

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:38

Color profile: Disabled
Composite Default screen

нированных сортов растительных масел требуется избыток используемого спирта (соотношение масло:спирт, равное 1:6).

При использовании в качестве катализатора для процесса трансэтерификации растительных масел метанолом диэтиламин гидросульфата выход биодизельных эфиров в случае использования в качестве сырья нерафинированных растительных масел, как и ожидалось, несколько выше, чем для рафинированных сортов растительных масел за счет эффективного и одновременного действия анионной и катионной частей этого комплекса.

Комплексы на основе гидроксида тетраметиламмония с уксусной и фосфорной кислотами, так же как и комплекс на основе диэтиламина и эфирата трехфтористого бора в условиях кавитации оказались неустойчивыми и выход метиловых эфиров всех сортов использованных растительных масел, даже при повышенных концентрациях их использования (30 %), оказался равным 0 %. По этой причине данные комплексы не могут быть рекомендованы для использования их в качестве катализаторов для получения биодизельных эфиров методом кавитации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Seshu N., Rekha P., Prasad S. and all** // Energy and Fuels. 2008. V. 22. P. 1965.
2. **Peterson G., Scarrah W.** // J. Oil Chem. Soc. 1984. V. 61. P. 1593.
3. **Gryglewicz S.** // Bioresour. Technological. 1999. V. 70. P. 249.
4. **Leclerg E., Finiels A., Moreau C.** // J. Oil Chem. Soc. 2001. V. 78. P. 1161.
5. **Hillion G., Delfort B., Le Pennec and all** // J. Chem. Soc. 2003. V. 48. P. 636.
6. **EP1468734**. 2004.
7. **Corma A., Iborra S., Miquel S.** // J. Catal. 1998. № 4. P. 173.
8. **Sercheli R., Vargas R., Schuchardt U.** // J.A Petroleum Chem. Soc. 1999. V. 76. P. 207.
9. **Kang H., Kim B., Kim D. and all** // J. Catal. Today. 2004. V. 93. P. 315.
10. **Xie W., Peng H., Chen L.** / Applied. Catal. 2006. V. 30. P. 67.
11. **Xie W., Li H.** // J. Mol. Catal. A: Chem. 2006. V. 1. P. 255.
12. **Xie W., Huang X.** // Catal. Letter. 2006. № 107. P. 53.
13. **Cavani F., Trifiro F., Vaccari A.** // Catal. Today. 1991. № 11. P. 173.
14. **Xie W., Peng H., Chen L.** // J. Mol. Catal. A: Chem. 2006. № 246. P. 24.
15. **Cantrell D., Gilley L., Leeward A. and all** // Applied. Catal. 2005. V. 28. P. 183.
16. **Corma A., Hamid S., Iborra S. and all** // J. Catal. 2005. V. 234. P. 340.
17. **Xie W., Peng H., Cheng, L.** // Applied. Catal. 2006. V. 30. P. 67.
18. **Serio M., Ledda M., Cozzolino M. and all** // Ind. Engineer. Res. 2006. № 45. P. 3009.
19. **Гумеров Ф., Габитов Ф., Газизов Р. и др.** Сверхкритические Флюиды // Теория и Практика. 2006. Т.1. № 1. С. 89.
20. **Jackson M., King J.** JAOCS. 1996. V. 73. № 3. P. 353.
21. **Пат.** 6.211.390 США. 2001.
22. **Kusdiana D., Saka. J.** // Chem. Eng. Jpn. 2001. V. 34. P. 383.
23. **Kusdiana D., Saka S.** // Fuel. 2001. V. 80. P. 225.
24. **Биркгоф Г., Сарантонелло Э.** Струи, следы и каверны. М. 1964. 267 с.
25. **Ошеровский С. Х.** // Энергетика и электрификация. 1970. № 1. С. 68.
26. **Бергман Л.** Ультразвук и его применение в науке и технике. М. 1956. 315 с.
27. **Рой Н.А.** // Акустический журнал. 1957. Т. 3. № 1. С. 3.
28. **Saifuddin N., Chua K.** // Malaysian Journal of Chemistry. 2004. V. 6. № 1. P. 77.
29. **Saifuddin N., Talal F., Javaid S. and all** / Materials of Second World Engineering Conference. Kucing. Sarawak. Malaysia. 2002. P. 1258.
30. **Dasgupta A., Banerjee P., Malik S.** // Chemistry and Physics of Lipids. 1992. V. 62. P. 281.
31. **Jeyashoke N., Krisnangkura K., Chen S.** // Journal of Chromatography. 1998. V. 818. P. 133.
32. **Lertsathapornsuk V., Pairintra R., Krisnangkura K.** / Proceeding of 1-st International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture. 2003. P. SE091.
33. **Pineiro-Avila G., Salvador A., Guardia, M.** // Anal. Chim. Acta. 1998. V. 371. P. 297.
34. **Laurent R., Laporterie A., Dubac J. and all** // J. Org. Chem. 1992. № 57. P. 7099.
35. **Chemat F., Esveld E.** // Chemical Engineering & Technology. 2001. № 7. P. 735.
36. **Peterson C.L., Feldman M., Korus R.** // Applied Engineering in Agriculture. 1991. 7 (6). P. 7.
37. **Caddick S.** / Tetrahedron. 1995. 51. P. 10403.
38. **Sridar V.** / Curr. Sci. 1998. V. 74. P. 446.
39. **Khmelnitsky Y. Rich J.** // Curr. Opin. Chem. Biol. 1999. № 3. P. 47.
40. **Roy I., Sardar M., Gupta M.** // Microb. Technol. 2003. № 35, P. 572.
41. **Laurent R., Laporterie A., Dubac J. and all** // J. Org. Chem. 1992. № 57, P. 7099.
42. **Hertsathapornsuk P., Pairinta K. Aryusuk K. and all** // Fuel Processing Technology. V. 898. № 12. 2008. P. 1330.
43. **Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Мишуров Н.П. и др.** Развитие биоэнергетики, экологическая и продовольственная безопасность. М.: Наука. 2009. С. 67.
44. **Корбут А.** // Промышленник России. Спец.выпуск. 2008. С. 44.
45. **Моргунов И.Г.** / Материалы Третьего Международного Конгресса "Биодизель-2008". 26–28 ноября 2008. С. 9.
46. **Орсик Л.С., Сорокин Н.Т., Федоренко В.Ф. и др.** Биоэнергетика: мировой опыт и прогнозы развития. М.: ФГНУ "Росинформагротех". 2-е изд. 2008. 404 с.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:38

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК 504.064.36

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ к разработке автоматизированных информационно-аналитических систем управления охраной окружающей среды для объектов переработки, хранения и сбыта нефтехимической продукции

М.В. Баюкин, канд. техн. наук, заместитель директора по управлению проектами и информационным технологиям, ЗАО "Научно-производственная фирма "ДИЭМ"
К.К. Нечеухин, начальник отдела экологических системных разработок, ЗАО "Научно-производственная фирма "ДИЭМ"

В работе представлены результаты системных исследований процессов управления охраной окружающей среды (ООС) для территориально-распределенных производственных объектов. Рассмотрены основные методологические подходы, предложены проектные и технические решения по созданию вертикально-интегрированных информационных систем, обеспечивающих экологическое сопровождение производственной деятельности объектов переработки, хранения и сбыта нефтехимической продукции.

Ключевые слова: информационные системы, системный анализ, управление охраной окружающей среды, территориально-распределенные объекты.

METHODOLOGICAL APPROACHES to the development automated information-analytical systems environmental management for the processing facilities, storage and marketing of petrochemical products

M.V. Bayukin, candidate of technical sciences, Deputy Director of project management and information technology, JSC "Scientific and Production Company "DIEM"
K.K. Necheuhin, Head of Environmental Systems Engineering, JSC "Scientific and Production Company "DIEM"

This paper presents the results of studies concerning environmental management processes for geographically distributed production facilities. Considered main methodological approaches, proposed design and technical solutions to create a vertically-integrated information systems that provide environmental support industrial activity objects of processing, storage and marketing of petrochemicals.

Keywords: information systems, systems analysis, environmental management, geographically distributed objects.

Активное развитие нефтехимического комплекса, расширение сетей объектов хранения и сбыта моторных топлив ставит новые задачи по обеспечению экологической безопасности, информационному сопровождению природоохранной деятельности компаний–участников рынка оборота нефтехимической продукции.

В настоящее время расширяется комплекс услуг, предоставляемых на автозаправочных станциях (АЗС); функционируют автомобильные мойки, создаются центры ремонта, магазины широкого профиля, размещаются объекты общественного питания. Развивающаяся производственно-хозяйственная деятельность характеризуется разнооб-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:39

Color profile: Disabled
Composite Default screen

разными видами воздействия на окружающую среду (ОС): образованием отходов производства и потребления, сбросами сточных вод, выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Управление охраной окружающей среды является сложным комплексным процессом, основанным на контроле основных факторов воздействия на ОС и обеспечивающим выполнение требований природоохранного законодательства, а также положений корпоративной экологической политики.

Опыт работы с предприятиями нефтехимического профиля, компаниями, осуществляющими транспортировку топливной продукции и эксплуатацию АЗС, позволяет выделить основные прикладные задачи, непрерывно решаемые экологическими подразделениями: сбор данных о выбросах, сбросах загрязняющих веществ, объемах обращения с отходами; ведение первичной учетной документации; формирование комплекта отчетной документации (расчета платы за негативное воздействие на ОС, госстатотчетности), а также документации, связанной с деятельностью контрагентов (вывоз отходов, прием сточных вод); анализ контролируемых показателей на соответствие природоохранным нормативам, подготовка и получение разрешительной природоохранной документации.

На основе анализа требований природоохранного законодательства определено порядка 25 отчетных таблиц, которые должны периодически формироваться природопользователями по данным первичного учета и на основе результатов производственного экологического мониторинга и контроля (ПЭМиК).

Часть отчетной документации ведется по каждому структурному подразделению или производственной территории компании, что обуславливает высокую трудоемкость процессов сбора и обработки данных в зависимости от территориальной распределенности и структуры юридического лица.

Исходя из организационной специфики компаний, осуществляющих эксплуатацию объектов переработки, хранения и сбыта нефтехимической продукции, можно выделить следующие проблемные области, возникающие при осуществлении природоохранной деятельности:

– отсутствие кадровых ресурсов для обработки больших объемов экологической информации и формирования отчетности, необходимость систематизации различных видов экологической информации;

– территориальная распределенность подразделений, объектов сбыта нефтехимической промышленности, расположение их в нескольких административно-территориальных образованиях;

– высокая трудоемкость процессов сбора и обработки информации, обусловленная масштабами предприятий, многообразием видов и многочисленностью объектов ПЭМиК.

Как следствие, принятие экологически ориентированных управленческих решений осуществляется в условиях неопределенности, вызванной отсутствуем оперативной информации (по контуру обратной связи управляющей системы) о контролируемых показателях природоохранной деятельности, результатах ПЭМиК. Обработка экологической информации осуществляется с периодичностью, ограниченной загруженностью кадровых ресурсов компаний, и, как правило, соответствует периоду подготовки отчетной документации, регламентируемому нормативно-правовой документацией. Низкое разрешение контролируемых показателей по времени ограничивает возможность прогнозирования их динамики и среднесрочного планирования природоохранной деятельности, негативно влияет на время реагирования системы управления в целом [1].

Одним из перспективных направлений, обеспечивающих решение вышеуказанных проблем, является использование современных информационно-аналитических систем управления охраной окружающей среды (ИАС).

Информатизация управления охраной окружающей среды для сложных территориально-распределенных объектов основана на системной интеграции компьютерных средств, информационных и коммуникационных технологий с целью получения новых общесистемных свойств, позволяющих более эффективно организовать природоохранную деятельность компании.

Проведение автоматизации управления охраной окружающей среды неразрывно связано с процедурой формализации процессов природоохранной деятельности подразделений компаний, созданием логической и функциональной моделей исследуемой системы, что требует комбинации различных специальных методик и разработки соответствующей оптимальной последовательности их применения.

Системный подход к разработке ИАС для промышленных предприятий подразумевает, как правило, решение следующего круга задач:

– разработка функциональной модели системы управления охраной окружающей среды;

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:39

Color profile: Disabled
Composite Default screen

– построение матриц взаимодействия автоматизируемых процессов и процессов маршрутизации данных;

– моделирование логической архитектуры хранилища данных;

– проектирование и разработка комплекса программных и технических средств;

– оценка наблюдаемости и управляемости систем с использованием ИАС.

Главным методологическим инструментом для выполнения всех этапов программного проектирования служит системный анализ – SADT (Structured Analysis & Design Technique).

При обследовании объекта автоматизации (первый этап разработки информационной системы [2]), для описания автоматизируемых функций и процессов положительно зарекомендовали себя методологии семейства ICAM (Integrated Computer-Aided Manufacturing), применяющиеся при моделировании деятельности широкого спектра сложных систем в различных разрезах (стратах) и уровнях декомпозиции.

Для проведения первичного анализа и описания укрупненных процессов управления природоохранной деятельностью применяется подход, предложенный Дж. Захманом. Применение модели Захмана обеспечивает комплексную формализацию процессов ООС и описание их с помощью различных представлений.

Дальнейшее решение задач проектирования осуществляется посредством использования следующих методологий: проектирование функциональной модели – методология IDEF0, рекомендованная Госстандартом [3]; моделирование потоков данных – DFD (Data Flow Diagrams); разработка логической архитектуры хранилища данных – IDEF1X.

На рис. 1 представлен общий подход к разработке системной модели ИАС, иллюстрирующий последовательность операций моделирования и применения соответствующих методологий.

По результатам анализа существующей системы оперативного управления природоохранной деятельностью на предприятии создается принципиальная IDEF0-диаграмма работ и операций по сбору, обработке и управлению экологическими данными.

Множество моделей некоторой x системы имеет вид:

$$\dot{X} = \{\dot{M}_{xy} | y = \overline{0, Y_x}\},$$

где $\dot{M}_{xy}$ – кортеж, представляющий в x системе y модель; Y_x – число моделей в x системе. Каждая y модель x системы представлена в виде блока на системной диаграмме (контекстного блока модели), описываемой в виде кортежа:

$$S = \langle I, C, O, F, M \rangle,$$

где I, C, O, F, M – атрибуты информационных потоков системы и реализуемая ею функция (I – Input, C – Control, O – Output, F – Function, M – Mechanism).

В рамках данного этапа исследования устанавливаются качественные характеристики системы управления: взаимозависимость, возможная избыточность.

В структуре IDEF0-диаграммы определяется место проектируемой ИАС, после чего осуществляется оценка и сравнение потребности в ресурсах для существующей системы управления и проектируемой ИАС.

Для учета выявленных информационных коммуникаций и составления матриц взаимодействия автоматизируемых процессов возможно использование ресурсной матрицы или матрицы смежности, применяемой в теории графов. Описание ресурсной матрицы предполагает формализацию объемов ресурсов (трудозатрат) на сбор, обработку и передачу информации. При этом сбор и передача информации осуществляются по коммуникационным каналам между подсистемами структуры, в то время как обработка информации является процессом, производимым исключительно внутри каждого структурного блока.

К примеру, для фрагмента типичной линейной системы управления с одним ЛПР и тремя подчиненными ресурсная матрица принимает вид:

$$R = \begin{Vmatrix} R_{11} & 0 & 0 & R_{14} \\ 0 & R_{22} & 0 & R_{24} \\ 0 & 0 & R_{33} & R_{34} \\ R_{41} & R_{42} & R_{43} & R_{44} \end{Vmatrix},$$

где диагональные элементы R_{ii} обозначают ресурсы, необходимые для осуществления обработки информации структурными подразделениями. Элементы R_{ij} – ресурсы, затрачиваемые структурными подразделениями на информационное взаимодействия с ЛПР. К R_{i4} относятся ресурсы, необходимые для осуществления управляющих воздействий ЛПР по типу обратной связи к структурным подразделениям.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:19:39

Color profile: Disabled
Composite Default screen

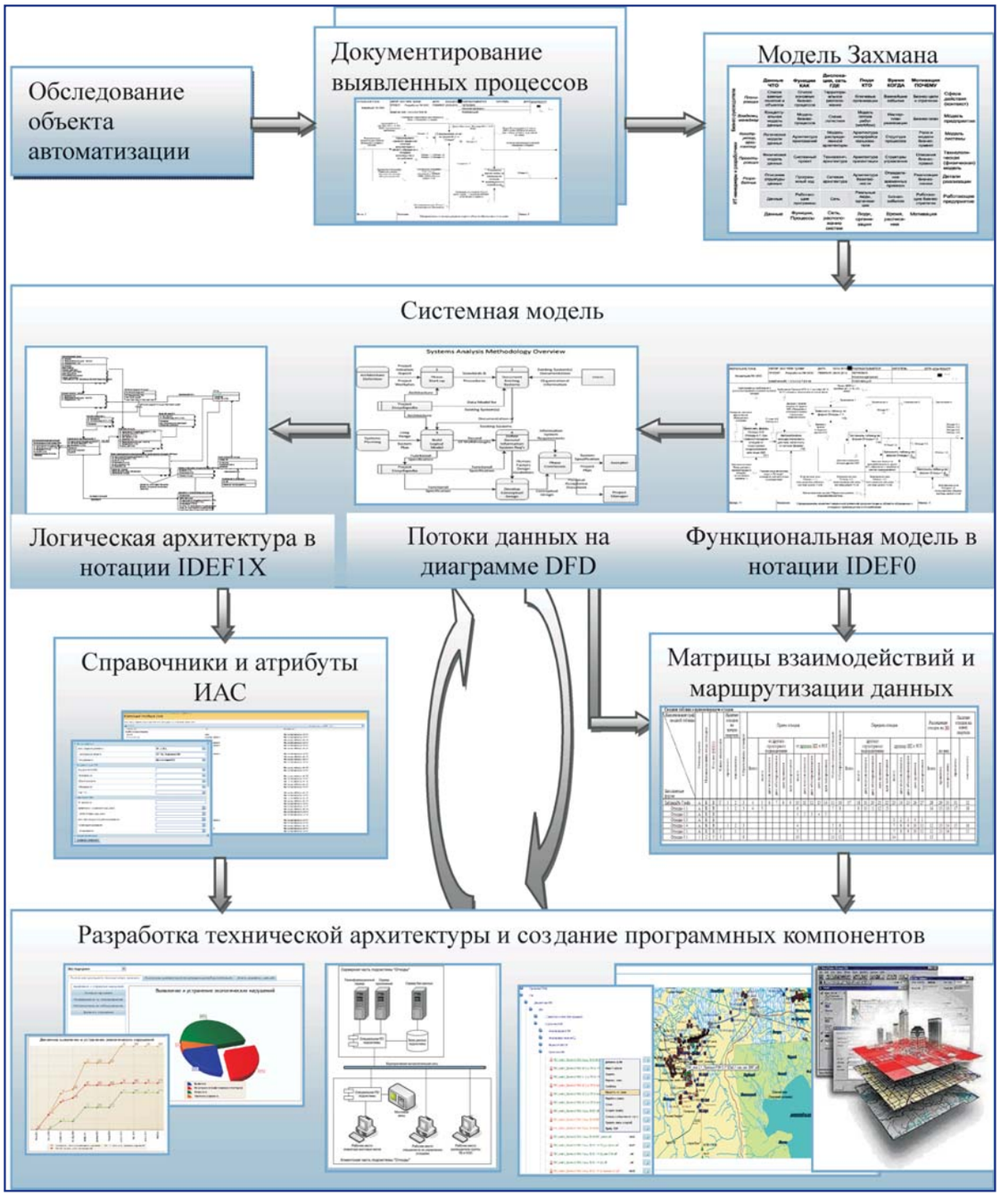


Рис. 1. *Иллюстрация методологического подхода к разработке ИАС*

Суммарные ресурсы R_{Σ}, затрачиваемые на функционирование модели линейной структуры, равны сумме ресурсов на сбор, передачу и обработку информации:

$$R_{\Sigma}(t) = R_{\Sigma c}(t) + R_{\Sigma п}(t) + R_{\Sigma o}(t)\,; \qquad (1)$$

где $R_{\Sigma c}$ – сумма ресурсов на сбор (отправку) данных, при этом $R_{\Sigma c} = R_{14} + R_{24} + R_{34}$ – сумма верхних недиагональных элементов матрицы; $R_{\Sigma п}(t)$ – сумма ресурсов на передачу данных (осуществление управляющих воздействий), $R_{\Sigma п} = R_{41} + R_{42} + R_{43}$ – сумма нижних недиагональных элементов матрицы; $R_{\Sigma o}(t)$ – сумма ресурсов на обработку данных, $R_{\Sigma o} = R_{11} + R_{22} + R_{33} + R_{44}$ – сумма диагональных элементов матрицы; R_{44} – трудозатраты на выра-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:03

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ботку управляющих воздействий с осуществлением содержательного преобразования информации (семантическая обработка).

Для модели с функциональным блоком ИАС управляющие воздействия осуществляются через информационную систему (двухсторонние связи). В данном случае ресурсная матрица принимает вид:

$$R_{\text{ИАС}} = \begin{Vmatrix} R_{11} & 0 & 0 & 0 & R_{1\text{И}} \\ 0 & R_{22} & 0 & 0 & R_{2\text{И}} \\ 0 & 0 & R_{33} & 0 & R_{3\text{И}} \\ 0 & 0 & 0 & R_{44} & R_{4\text{И}} \\ R_{\text{И}1} & R_{\text{И}2} & R_{\text{И}3} & R_{\text{И}4} & R_{\text{ИИ}} \end{Vmatrix}.$$

Индексы "И" обозначают преобразование информации, осуществляемое с использованием ИАС. Суммарные ресурсы $R_{\text{ИАС}}$ могут быть выражены формулой, аналогичной (1).

Необходимо учесть следующие особенности функционирования автоматизированных систем:

– $R_{\text{ИИ}} \to 0$, так как обработка информации в ИАС происходит в автоматическом режиме;

– R_{11}, R_{22}, $R_{33} \to 0$, так как предварительно обученные программные механизмы ИАС, функционирующие по принципу многослойного персептрона, позволяют обрабатывать данные каждого структурного подразделения в рамках единого информационного центра, необходим лишь ввод данных в систему;

– $R_{1\text{И}}$, $R_{2\text{И}}$, $R_{3\text{И}}$ – трудозатраты на ввод информации в базу данных ИАС, в зависимости от степени автоматизации производств данные трудозатраты могут быть минимизированы;

– $R_{\text{И}4}$, $R_{4\text{И}}$ – ресурсы, отражающие интерфейс взаимодействия с ЛПР.

Сравнение ресурсов осуществляется с помощью вычисления соответствующих норм матриц.

Для оценки управляемости и наблюдаемости полученную диаграмму IDEF0 преобразуют в модель пространства состояний.

Уравнение состояния линейного объекта отражает его динамические свойства и записывается в виде векторного дифференциального уравнения в форме Коши. Для блока ИАС в линейной организационной системе управления, состоящей, к примеру, из ЛПР, ИАС и 3 структурных подразделений уравнение в матричной форме примет вид:

$$\begin{cases} \dot{X} = \begin{Vmatrix} a_{11} & 0 & 0 & a_{1\text{И}} \\ 0 & a_{22} & 0 & a_{2\text{И}} \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{3\text{И}} \\ a_{\text{И}1} & a_{\text{И}2} & a_{\text{И}3} & a_{\text{ИИ}} \end{Vmatrix} \times \begin{Vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_{\text{ИИ}} \end{Vmatrix} + \\ + \begin{Vmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{Vmatrix} \times \begin{Vmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{Vmatrix}; \\ Y = \begin{Vmatrix} c_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & c_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & c_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & c_{\text{ИИ}} \end{Vmatrix} \times \begin{Vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_{\text{ИИ}} \end{Vmatrix}, \end{cases} \quad (2)$$

где X – векторы состояния системы; Y – векторы выхода; u – векторы управления; a – матрица системы; b – матрица управления; c – матрица выхода.

Для оценки управляемости и наблюдаемости системы определяется ранг специальных матриц. Матрица наблюдаемости имеет вид:

$$N_{\text{Н}} = [C^{\text{T}} | (CA)^{\text{T}} | (CA^2)^{\text{T}} | \ldots | (CA^{n-1})^{\text{T}}].$$

Матрица управляемости имеет вид:

$$N_{\text{У}} = [B | AB | A^2B | \ldots | A^{n-1}B].$$

Исходя из расчетов, проводимых для блока ИАС уравнения (2), следует, что ранг матриц $N_{\text{Н}}$ и $N_{\text{У}}$ отличен от нуля, соответственно система с ИАС управляема и наблюдаема.

Дальнейшее проектирование ИАС включает в себя разработку логической архитектуры хранилища данных ИАС по методологии IDEF1X. Так как практически все отчетные формы строго регламентированы законодательством и, следовательно, детерминирован набор отчетных показателей, целесообразным является создание *ER*-диаграммы, обладающей необходимой универсальностью.

Переход между моделями при разработке ИАС осуществляется по пути постепенного структурирования (выделения) носителей экологической информации при переходе от динамической модели к модели реляционной базы данных.

Опыт разработки ИАС показал целесообразность создания отдельных программных модулей, соответствующих направлениям природоохранной

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:03

Color profile: Disabled
Composite Default screen

деятельности (предметным областям): управление процессами обращения с отходами производства и потребления; охрана вод; охрана атмосферного воздуха.

Подразделение ИАС на программные модули обусловлено результатами моделирования логической архитектуры хранилища экологических данных. При проведении нормализации концептуальной модели и приведения ее к третьей нормальной форме установлено, что часть нормализованных таблиц является универсальными носителями информации, которая используется для формирования отчетной документации по всем направлениям природоохранной деятельности. В то же время определенные фрагменты логической архитектуры хранилища данных уникальны для каждого программного модуля, что является следствием разнообразия структуры объектов и типов экологических данных для каждой предметной области природоохранной деятельности.

На основе полученной модели логической архитектуры разработаны 35 уникальных справочников и наборов атрибутов ИАС, обеспечивающих систематизацию широкого спектра экологической информации и минимизацию трудозатрат на ее обработку за счет устранения повторно вводимых (избыточных) данных и снижения вероятности ошибок при вводе информации в ИАС.

Обобщая полученные в ходе системных исследований результаты, можно предложить следующую концептуальную модель программных компонентов ИАС (рис. 2).

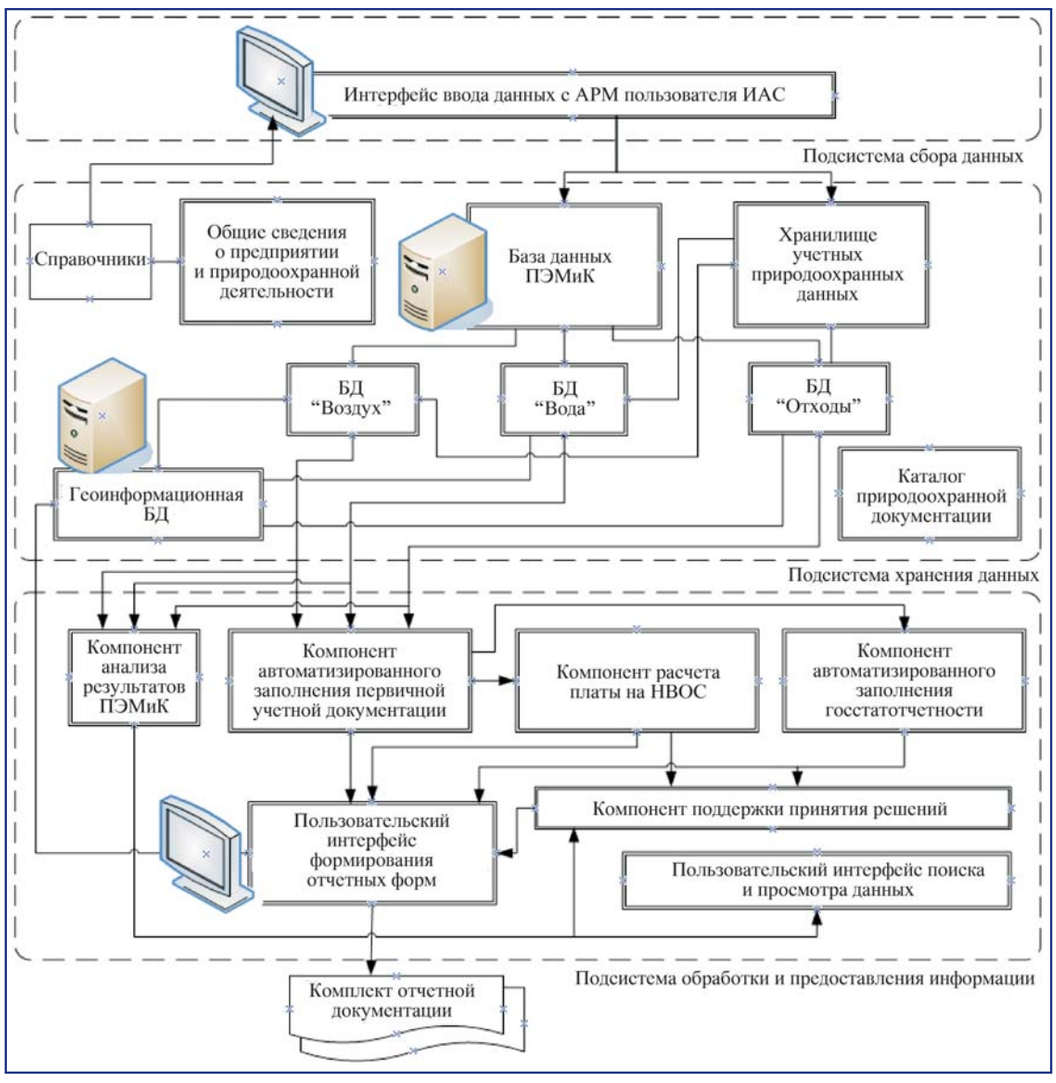


Рис. 2. *Концептуальная модель архитектуры программных компонентов ИАС*

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:21

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Основной архитектурный принцип заключается в использовании единого хранилища данных, которое обеспечивает сбор, хранение и обработку данных, поступающих от всех модулей системы. При этом источниками данных для ИАС могут быть как средства автоматического измерения контролируемых показателей, так и непосредственные пользователи системы, осуществляющие первичный учет процессов обращения с отходами, водопотребления и водоотведения, контроля за выбросами загрязняющих веществ.

Рассмотрим отдельные программные компоненты, представленные в концептуальной модели.

Геоинформационная БД предназначена для работы с пространственно-распределенными данными (объекты ПЭМиК, движение отходов и др.). Интеграция ИАС с геоинформационной системой обеспечивает возможность использования инструментов картографической поддержки для поиска геокодированной экологической информации и решения задач логистики при осуществлении природоохранной деятельности. Оптимизация маршрутов сбора и транспортирования опасных отходов основана на решении задачи коммивояжера с помощью вычислительных ГИС-средств.

Компонент поддержки принятия решений предназначен для повышения эффективности функций управления посредством поиска решений в экспертной базе знаний. Формирование экспертной базы знаний должно осуществляться под руководством пользователей ИАС в соответствии со спецификой производственной и природоохранной деятельности заказчика. База знаний состоит из правил анализа информации, содержащейся в ИАС; система анализирует ситуацию и, в зависимости от направленности и задач природоохранной деятельности, в автоматическом режиме дает рекомендации по разрешению проблемы и принятию решений. Представленная программная технология может быть актуальной при реализации отдельных функций управления охраной окружающей среды для предприятий нефтехимического комплекса, в частности:

– принятия решений об изменении периодичности контроля показателей, в случае выявления их устойчивой негативной динамики;

– принятия решений о проведении дополнительных инструктажей персонала, в случае выявления экологических нарушений (в зависимости от их количества, типов, атрибутов в базе данных);

– принятия решений о планировании и проведении природоохранных мероприятий на основе результатов ПЭМиК (например, проведение рекультивации почв в случае фиксации загрязнителей на определенной территории);

– принятия решений об изменении маршрутизации размещаемых отходов в зависимости от свободных объемов карт полигонов, тарифов контрагентов.

Эффективное регулирование природоохранной деятельности зависит от скорости реакции на возникшие отклонения, в частности: времени ожидания, получения и обработки полученных результатов ПЭМиК и времени принятия решений.

Для автоматизации процессов обработки исходных данных и заполнения отчетной документации в рамках соответствующих компонентов ИАС предусматривается разработка специальных программных алгоритмов. Сложность логических операций и алгоритмов обработки экологических данных обусловлена их многофакторной зависимостью: от выданной разрешительной природоохранной документации, от территориального распределения структурных подразделений юридического лица в разных муниципальных образованиях и субъектах РФ, от характеристик объектов природопользования. Как следствие, данные факторы подлежат учету при проектировании логической архитектуры хранилища данных. При этом дополнительным эффектом от внедрения ИАС является унификация процессов документирования природоохранной деятельности и подходов к порядку формирования отчетной документации.

Обобщение и ранжирование данных осуществляется в зависимости от их территориальной и организационной структуры, а также вида обрабатываемых данных в соответствии с действущими методическими рекомендациями и нормативными требованиями.

Так как процессы формирования отчетной природоохранной документации, обработки результатов ПЭМиК характеризуются высокой частотой (периодичностью) выполнения, важной прикладной задачей при разработке ИАС является анализ и подбор информационных технологий и средств связи, обеспечивающих возможность коллективной одновременной работы широкого круга пользователей. Использование в этом случае web-технологий для работы с ИАС имеет ряд преимуществ: возможность доступа к системе без установ-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:22

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ки дополнительного программного обеспечения, использование широкого круга мобильных устройств (в том числе планшетных персональных компьютеров (ПК)), обновление и обслуживание только серверной части системы, минимальные требования к ПК пользователей. При проектировании конкретных технических решений по передаче данных необходимо руководствоваться требованиями, установленными политикой информационной безопасности заказчиков ИАС.

Предложенные в настоящей статье подходы к разработке ИАС позволяют улучшить две фундаментальные характеристики системы управления: повысить оперативность и информированность при принятии управленческих решений в области охраны окружающей среды. Снижение трудоемкости подготовки отчетной документации за счет автоматизации ручных операций при обработке форм обусловливает возможность непрерывного контроля экологических показателей в режиме, приближенном к реальному времени. При функционировании ИАС вычислительные мощности системы и принципы ввода и обработки данных, представленные на рис. 2, позволяют сократить период обновления отчетных форм до периода, равного отрезку времени между единичными вводами данных в систему.

Значительное повышение оперативности получаемых и анализируемых данных позволяет не только повысить скорость реакции управляющей системы в целом, но и отслеживать динамику изменений контролируемых экологических показателей с высоким временным разрешением. Таким образом, обеспечивается возможность прогнозирования контролируемых экологических показателей с применением различных методов экстраполяции данных (индекс сезонности и др.) и, как следствие, облегчается задача планирования различных видов природоохранных мероприятий.

Обобщая изложенные решения, можно сделать следующие выводы:

1. Предложенный подход к разработке ИАС, последовательность применяемых методологий и приемов моделирования позволяет постепенно выделить носители экологической информации из динамической модели системы с сохранением взаимосвязи между процессом, результатом его функционирования и записью в базе данных.

2. Системы охраны окружающей среды предприятий нефтехимического комплекса с использованием ИАС являются управляемыми и наблюдаемыми, что подтверждается определением рангов соответствующих матриц.

3. Использование справочников, универсальных для данных различных направлений природоохранной деятельности, минимизирует трудозатраты на обработку информации за счет устранения повторно вводимых (избыточных) данных. Применение модульного принципа разработки ИАС обеспечивает масштабируемость создаваемых систем под отдельные объекты, подразделения или филиалы компаний, направления природоохранной деятельности.

4. Автоматизированное заполнение природоохранных отчетных форм основано на использовании алгоритмов с многофакторной зависимостью от организационных, территориально-административных и других характеристик объектов природопользования, которые необходимо выделить при проектировании логической архитектуры хранилища данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Костров А.В.** Основы информационного менеджмента. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2009. 528 с.

2. **ГОСТ 34.601–90.** Автоматизированные системы. Стадии создания.

3. **Р 50.1.028–2001.** Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования (приняты постановлением Госстандарта РФ от 2 июля 2001 г. № 256-ст).

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:22

Color profile: Disabled
Composite Default screen

УДК: 541.128; 542.97; 543.544.3; 546.215; 547.26+219.1

НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ДИВИНИЛА ИЗ БИОЭТАНОЛА

В.Ф. Третьяков, зав. каф. ТНХС и ИЖТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова, д-р хим. наук, профессор
Р.М. Талышинский, д-р хим. наук, ведущ. научн. сотр. Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева (РАН ИНХС)
А.М. Илолов, канд. хим. наук, научн. сотр. Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева
Тшисвака Мутомбо, аспирант МИТХТ им. М.В. Ломоносова
К.В. Третьяков, канд. хим. наук, научн. сотр. ИНХС
В.Н. Забористов, профессор, д-р техн. наук, нач. Центральной заводской лаборатории ОАО "Ефремовский завод синтетического каучука", профессор кафедры химии Тульского государственного университета, чл.-кор. РАЕН
В.С. Ряховский, первый зам. генерального директора, главный инженер ОАО "ЕЗСК"
А.О. Туракулова, канд. хим. наук, доцент, ст. науч. сотр. каф. физической химии химического факультета МГУ

Проанализированы основные тенденции развития каталитических аспектов процесса получения дивинила из биоэтанола, сформулированы перспективы создания катализаторов и инициаторов нового поколения. Проанализировано действие инициатора процесса в зависимости от используемой формы оксида алюминия и рецептуры катализатора.

Ключевые слова: дивинил, биоэтанол, катализатор, инициатор ПВ-1, дегидрирование, дегидратация.

SCIENTIFIC AND PRACTICAL ASPECTS OF THE PRODUCTION OF BUTADIENE FROM BIOETHANOL

Tretyakov V.F., doctor of chemical sciences, professor, head of the TNHS and IZHT Department, the MITHT after named M.V. Lomonosov
Talyshinsky R.M., doctor of chemical sciences, leading researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis
Ilolov A.M., Ph.D., researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis
Tshisvaka Mutombo, postgraduate student of the MITHT after named M.V. Lomonosov
Tretyakov K.V., Ph.D., researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis
Zaboristov V.N., professor, doctor of technical sciences, head of Central Laboratory of "Efremov Synthetic Rubber Plant", professor of chemistry department, The Tula State University, corresponding member of the Academy of Natural Sciences
Ryakhovsky V.S., first deputy. general manager, chief engineer, Organization: OJSC "EZSK"
Turakulova A.O., Ph.D., associate professor, senior researcher, department of Physical Chemistry, Faculty of Chemistry, MSU

Our goal find the new methods for the development production butadiene from ethanol in the catalytic systems. Formulated perspective, the made of catalysts and initiators of the new generation. Analyzed the effect of the initiator depending of form aluminum oxide and catalyst formulations.

Keywords: butadiene, bioethanol, catalyst, initiator PV-1, dehydrogenation, de-hydration.

В связи с намечающимся истощением природных ресурсов нефти все более остро возникает проблема возвращения к альтернативным источникам. Современный уровень технологии и исследования позволяет на более высоком уровне интенсифицировать производства дивинила из биоэтанола.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:23

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Дивинил в 1930-х гг. производился путем совмещения в едином каталитическом процессе дегидрирования и дегидратации биоэтанола [1, 2]:

$$T = 430...450\ °C,\ ZnO,\ Al_2O_3$$

$$2C_2H_5OH \rightarrow CH_2 = CH\text{-}CH = CH_2 + H_2 + 2H_2O.$$

Впервые указанным способом дивинил был получен С.В. Лебедевым из этилового спирта. В 1932 г. метод был положен в основу промышленного синтеза. Сама идея такого подхода к решению проблемы была заявлена чуть ранее В.Н. Ипатьевым. При детальном изучении механизма превращения спирта в дивинил над катализатором С.В. Лебедевым было установлено, что уксусный альдегид, альдоль и кротоновый альдегид, наряду с этиловым спиртом, принимают участие в образовании дивинила и повышают выход его на пропущенный этиловый спирт. Систематическое исследование этого вопроса проводилось чуть позднее Ю.А. Гориным [3]. Превращения спирта можно представить в виде последовательных превращений:

1. С образованием уксусного альдегида на дегидрирующем компоненте катализатора:

$$CH_3{-}CH_2OH \rightarrow H_2 + CH_3{-}CHO.$$

2. Конденсацией уксусного альдегида и образованием кротонового альдегида:

$$CH_3{-}CHO + CH_3{-}CHO \rightarrow$$
$$\rightarrow H_2O + CH_3{-}CH = CH{-}CHO.$$

3. Восстановлением карбонильной группы кротонового альдегида водородом этилового спирта с образованием кротилового спирта:

$$CH_3{-}CH = CH{-}CHO + 2H \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3{-}CH = CH{-}CH_2OH.$$

4. Дегидратацией кротилового спирта с перегруппировкой двойных связей и образованием целевого продукта:

$$CH_3{-}CH = CH{-}CH_2OH \rightarrow H_2O +$$
$$+ CH_2 = CH{-}CH = CH_2.$$

В контактном газе содержится около 30 различных соединений, в связи с чем задача селективности в процессе получения дивинила стоит довольно остро.

Судя по эффективности влияния добавляемого в систему уксусного альдегида на скорость реакции, первая стадия механизма является лимитирующей. Поскольку выход дивинила ограничен термодинамикой и более половины затрачиваемого спирта остается в оптимальных условиях неизрасходованной, возникает необходимость рециркуляции потока, включающего в своем составе этанол и ацетальдегид.

Недостатком традиционного процесса получения дивинила из этанола является отложение кокса на поверхности катализатора, которое способствует быстрому снижению активности и укорачиванию реакционного цикла между технологическими стадиями регенерации. Катализатор регенерируется в течение 3,5 ч через каждые 16 ч. Астрономический срок службы промышленного катализатора составляет 700 ч. Далее требуется полная замена его на свежий контакт. В течение месяца с учетом выхода на стационар эффективная работа катализатора осуществляется в течение всего 450 ч.

В работе [4] приводятся данные по одностадийной каталитической конверсии этанола в дивинил в движущемся слое катализатора. Показано, что максимально возможные значения конверсии этанола и выхода дивинила достигают, соответственно, 72,8 и 55,8 % при использовании катализатора Al_2O_3: ZnO (60:40). Авторы отмечают, что дивинил в промышленности получают пиролизом бутан-бутиленовой фракции углеводородов нефтяного происхождения, из ацетилена, а также совмещением процессов дегидратации и дегидрирования этанола [2]. Исходный этанол при этом использовался в середине прошлого века преимущественно как продукт брожения сахара.

В отличие от развития промышленности дивинила в России, в США превращение этанола в те же времена осуществлялось в две технологические стадии:

$$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CHO + H_2$$

$$CH_3CH_2OH + CH_3CHO \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O.$$

Среди предложенных катализаторов середины прошлого столетия отмечаются индивидуальные оксиды на основе алюминия и железа, бинарные оксиды $Al_2O_3{-}ZnO$, $ZrO_3{-}ThO_3$, $Al_2O_3{-}Cr_2O_3$, $Al_2O_3{-}MgO$, $Al_2O_3{-}CaO$, а также тройная алюмо-железо-хромовая композиция.

Превращение этанола осуществлялось на этих катализаторах при температурах 350...450 °С. Обнаружен эффект добавления ацетальдегида через

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:23

Color profile: Disabled
Composite Default screen

час от начала реакции [5]. Индукционный период, по-видимому, связан с колебательным режимом реакции при выходе на стационарный режим. С вводом ацетальдегида при 380 °С на SiO_2–MgO (50...75 % MgO) авторы отмечают выход дивинила на разложенный этанол выше 30 %. Интересно отметить, что водород в процессе используется как газ-носитель в процессе превращения этанола, добавляется он в реакционную систему со скоростью 100 мл/мин на 1 г катализатора. Принципиальная схема механизма была представлена авторами следующим образом:

$$2\,CH_3CH_2OH \xrightarrow{-2H_2} 2\,CH_3CHO \rightarrow CH_3CH(OH)\,CH_2CHO \xrightarrow{-H_2O} CH_3CHO$$

$$CH_3CH{=}CHCH_2OH \xleftarrow{CH_4CH_8OH} CH_4CH-CHCHO \xrightarrow{-H_2O} CH_2{=}CHCH{=}CH_2\,.$$

В работе [6] для конвертирования этанола в эфир, этилен и дивинил использовался подвижный слой TiO_2–ZrO_2 катализатора с различным содержанием циркония. Обнаруженная корреляция с кислотностью показала максимум активности при содержании 50 % ZrO_2. Дивинил образуется по дегидратационно-дегидрогенизационному механизму на кислых и основных центрах, включающих оксиды металлов, что обеспечивает кислотно-основные бифункциональные свойства катализатора. Отмечено, что прокаливание этого катализатора выше 400 °С приводит к резкому снижению активности в образовании дивинила и этилена. При осуществлении реакции при 360 °С максимальный выход дивинила (8,4 %) достигается при температуре прокаливания образца 400 °С. Селективность процесса не выше 10 %. Указанное ограничение температуры прокаливания свидетельствует о низкой стабильности исследованного катализатора, что затрудняет выжиг кокса после реакционного цикла и снижает срок его службы.

Поскольку результаты испытания кремний-магниевых композиций показали высокую активность, возникла проблема использования природных источников в катализаторном производстве. Попытка осуществления реакции превращения этанола в атмосфере гелия на алюминированном сепиолите примерной формулы $Mg_4(Si_6O_{15})(OH)_26H_2O$ при пониженной температуре (280 °С) и давлении 50 торр (50 мм рт.ст.) не дала обнадеживающих результатов [7]. Селективность по дивинилу при конверсии 60 % не превышала 10 %. В то же время отмечались заметные селективности процесса по диэтиловому эфиру.

Среди изученных за последнее время систем наибольшую активность проявил катализатор MgO–SiO_2 (молярное соотношение 1:1), приготовленный исходя из этил-ортосиликата о-$Si(C_2H_5)_4$ и нитрата магния и промотированный 0,1 % Na_2O, при 350 °С, продемонстрировавший высокую конверсию (100 %) и селективность (87 % от теоретического выхода) в образовании дивинила [8]. Однако при реализации процесса, наряду с показателями активности и энергозатрат, необходимо учитывать длительность реакционного цикла без регенерации и срок службы катализатора, которые, к сожалению, исследователями цитированных работ не указаны.

Наиболее общепринятым механизмом превращения этанола в дивинил принят механизм реакции по Кагану (Горину):

1 стадия. Получение уксусного альдегида из спирта под действием дегидрирующей части катализатора $CH_3-CH_2-OH \rightarrow CH_3-CHO^- - 2H^+$.

2 стадия. Конденсация уксусного альдегида с образованием кротонового альдегида под действием дегидратирующей части катализатора

$$CH_3CHO^- + CH_3CHO^- \rightarrow CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-CHO \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3-CH{=}CH-CHO + H_2O$$

кротоновый альдегид альдоль

3 стадия. Восстановление карбонильной группы кротонового альдегида водородом, получаемым в 1 стадии

$$CH_3-CH{=}CH-CHO + H_2 \rightarrow CH_3-CH{=}CH-CH_2OH$$

кротиловый спирт

4 стадия. Получение бутадиена из кротилового спирта под влиянием дегидратирующей части катализатора

$$CH_3-CH{=}CH-CH_2OH \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_2{=}CH-CH{=}CH_2 + H_2O.$$

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:23

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Этот механизм реализуется на катализаторе К-64 (ТУ 38.103576–85).

Состав: оксиды магния (около 60 %), кремния, алюминия, имеет в своем составе кристалло-гидратную влагу (около 25 %). По внешнему виду представляет собой "червячки" диаметром около 3 мм.

В процессе контактирования дегидрирующая часть катализатора К-64 способствует выделению свободного углерода, который в твердом состоянии (в виде сажи) отлагается на активной поверхности катализатора, снижая его активность. Для восстановления активности катализатор регенерируется подачей в реорты контактной печи подогретого воздуха, при этом углерод на поверхности катализатора сгорает при температуре 540 °С с выделением большого количества тепла, за счет которого повышается температура катализатора:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + Q,$$
$$2C + O_2 \rightarrow 2CO + Q,$$
$$2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 + Q.$$

Газы регенерации, содержащие продукты сгорания, выбрасываются в атмосферу.

Сырой катализатор К-64 содержит в себе до 33 % влаги механической, межкристаллической и химической (гидратной и кристаллической), а также органические примеси. Для удаления влаги и выжигания примесей проводится активация катализатора с подачей подогретого воздуха и постепенным подъемом температуры до температуры выдержки 650...690 °С.

Несколько модифицированным вариантом представления этого механизма является схема Нииямe:

1 стадия. Получение уксусного альдегида из спирта дегидрированием (щелочные центры катализатора)

$$2CH_3-CH_2-OH \rightarrow 2CH_3-CHO + H_2.$$

2 стадия. Альдольная конденсация уксусного альдегида с образованием кротонового альдегида

$$CH_3CHO + CH_3CHO \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-CHO \quad CH_3-CH=CH-CHO + H_2O.$$

3 стадия. Межмолекулярный перенос водорода

$$CH_3-CH=CH-CHO + CH_3-CH_2-OH \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3-CH=CH-CH_2OH + CH_3-CHO$$

(ацетальдегид переходит на 1 стадию)

4 стадия. Дегидратация кротилового спирта

$$CH_3-CH=CH-CH_2OH \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_2=CH-CH=CH_2 + H_2O.$$

Второй вариант механизма предложен для $MgO - SiO_2 - Na_2O$ [1:1 мол. (0,1 % мас.)].

Наряду с основными реакциями на катализаторе протекает ряд побочных процессов:

а) гидрирование дивинила:

$CH_2 = CH–CH = CH_2 + H_2 \rightarrow$

$\rightarrow CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ (α, β-бутилены),

$CH_2 = CH–CH = CH_2 + 2H_2 \rightarrow$

$\rightarrow CH_3–CH_2–CH_2–CH_3$ (н-бутан);

б) дегидратация биоэтанола:

$CH_3–CH_2–OH \rightarrow CH_2 = CH_2 + H_2$ (этилен),

$2CH_3–CH_2–OH \rightarrow (CH_3–CH_2)_2O + H_2$ (диэтиловый эфир);

в) гидрирование кротилового спирта:

$CH_3–CH = CH–CH_2OH+H_2 \rightarrow$

$\rightarrow CH_3–CH_2–CH_2–CH_2OH$ (бутанол);

г) разложение бутиленов и гидрирование продуктов распада:

$$CH_2=CH-CH_2-CH_3 + H_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow \underset{\text{метан}}{CH_4} + \underset{\text{пропилен}}{CH_3-CH=CH_2}.$$

Каталитическая система С.В. Лебедева, как минимум, бифункциональна по определению (катализатор включает центры, ответственные за дегидратацию и дегидрирование). При поиске селективных и производительных контактов необходимо иметь в виду, что γ-Al_2O_3 обладает рекордной дегидратирующей активностью, судя по известной реакции получения н-бутиленов из бутанола или других низших олефинов из соответствующих спиртов. В ряду оксидов NiO, CoO, MgO, Mo_2O_3, V_2O_5, Fe_2O_3, ZnO, судя по многочисленным литературным данным, оксид цинка занимает лидирующее положение по активности в дегидрировании низших спиртов. Поэтому задача конструирования катализатора сводилась к модифицированию традиционного катализатора С.В. Лебедева ZnO/Al_2O_3 путем изменения структуры носителя и допирования каталитической системы с одновременным поиском инициатора процесса.

Для сравнения известных вариантов осуществления процесса ниже в табл. 1 сопоставлены дан-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:24

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 1

Сравнительные показатели процессов получения дивинила из биоэтанола

Показатель	Процесс ОАО "ЕЗСК" (промышленный, в металле)	Процесс Университета Хоккайдо (лабораторный, в проточном реакторе с неподвижным слоем)
Конверсия, %	42	100
Селективность, % (выход от теории)	75,2	87,0
Состав продукта, % мас.	После конденсации: Дивинил – 75,0...76,0 Этилен – 4,5 Воздух – 4,2 Этан – 1,7 Водород – 2,0 Окись углерода – 3,0 Пропилен – 2,9 Бутан – 5,2 Метиловый эфир – 0,7 Диэтиловый эфир – 6,1 Альдегиды – 5,8 Пиперилен – 1,5 Амилен – 1,3 Этиловый спирт – 0,8	Дивинил Этан Этилен Пропан Пропилен Ацетальдегид Этиловый эфир
Проскок спирта, %	58,0	0
Количество дивинила из 1 т спирта, т	0,4415	0,5107
Количество спирта на 1 т дивинила, т	2,265	1,958

ные по активности различных катализаторов в действующем производстве дивинила и лабораторном реакторе методом С.В. Лебедева.

Судя по отсутствию предложений по реализации японского варианта, промышленного развития за последние 10 лет эти лабораторные результаты, выполненные в микрореакторе, не получили. На сегодняшний день превзойти промышленные показатели процесса С.В. Лебедева никому из исследователей не удалось.

Выход ключевых компонентов просчитывается с учетом стехиометрии:

1. $2C_2H_5OH = C_4H_6 + 2H_2O + H_2$ (X_1);
2. $C_2H_5OH = CH_3CHO + H_2$ (X_2);
3. $2C_2H_5OH = C_4H_8O + H_2O + H_2$ (X_3);
4. $2C_2H_5OH = C_4H_8 + 2H_2O$ (X_4);
5. $C_2H_5OH = C_2H_4 + H_2O$ (X_5) ;
6. $C_2H_5OH = CO + CH_4 + H_2$ (X_6)

и. т.д.

Здесь X_1, X_4, X_5, X_6 – долевые выходы компонентов (дивинил, бутилены, этилен и монооксид углерода) в безводородном газе, а X_2, X_3 – долевые выходы компонентов (ацетальдегид и бутаналь) в жидком безводном конденсате в пересчете на условные литры газообразного этанола (приведенные к н.у.).

($CO+CH_4$) принимается здесь как мольный групповой компонент, а при расчете материального баланса в массовых единицах каждое из веществ определяется с учетом вклада по молекулярной массе.

Все объемы веществ участников реакции пересчитываются от литров образующихся продуктов (по данным хроматографии) к литрам превращенного в них этанола, с учетом стехиометрических коэффициентов.

Отметим, что анализ газа после конденсации жидких продуктов осуществляется с использованием гелия, водорода и воздуха, в связи с чем водород и азот на хроматограммах не проявляются, а продукты в сумме составляют объем безводород-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:24

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ного газа. Вода также не просчитывается при анализе конденсата, поэтому в балансе суммарного органического продукта не участвует. Из этих соображений и строилась стратегия расчета, по ключевым продуктам реакции, не включающим водород и воду. Количества последних при составлении полного материального баланса определялись по стехиометрии.

От выбора формы оксида алюминия существенно зависит активность и селективность каталитического процесса. В этой связи необходимо при исследовании было учитывать следующую известную информацию.

Оксид алюминия, полученный в результате прокаливания мелкокристаллического бемита при 450...600 °С, обладает удельной поверхностью до 200...300 м^2/г, в то время как α-оксид алюминия имеет невысокую удельную поверхность порядка 25 м^2/г.

Известно, что при прокаливании в токе воздуха в интервале 350...750 °С происходит изменение удельной поверхности и кислотности оксидов алюминия. Известно также, что оксид алюминия на основе бемита (А-64) сохраняет практически постоянное значение удельной поверхности. Смесь байерита с бемитом (А-75) образует γ-оксид алюминия с поверхностью 500 м^2/г, эта величина достаточно стабильна.

Прокаленный активный оксид алюминия содержит в зависимости от температуры прокаливания и давления паров воды от нескольких десятых процента до 5 % воды.

С помощью ИК-спектроскопии показано, что оставшиеся в оксиде алюминия молекулы воды по мере повышения температуры сушки реагируют с оксидом алюминия с образованием поверхностных гидроксильных групп. При более высоких температурах ионы ОН~ постепенно удаляются в виде H_2O, но несколько десятых процента воды остаются в оксиде даже при 1000 °С.

Ионы OH^-, находящиеся на поверхности оксида алюминия, как и гидроксилы коллоидного осадка гидроксида алюминия, способны к обмену с анионами и катионами. Считается также, что поскольку кислородная решетка в γ-оксиде алюминия более рыхлая (расстояние А1—О в γ-Al_2O_3 равно 0,1811...0,1812 нм).

Активные компоненты наносят на оксид алюминия, используя растворы их солей. Катализаторы сорбционного типа готовят пропиткой гранул оксида алюминия, предварительно насыщенных или не насыщенных растворителем.

Длительная эксплуатация алюмооксидных катализаторов, очевидно, возможна потому, что каталитические и физико-химические свойства носителя (оксида алюминия) не подвергаются существенным изменениям.

Алюмокобальтмолибденовые (АКМ), алюмоникельмолибденовые (АНМ) и смешанные катализаторы, включающие никель и кобальт (АНКМ), содержат обычно 9...18 % триоксида молибдена и 2...5 % оксидов кобальта или никеля.

Более предпочтительным представляется механизм реакции, который учитывает наличие в оксиде алюминия не только кислотных, но и основных центров. В табл. 2 приведено влияние термообработки на свойства оксида алюминия (удельная по-

Таблица 2

Развитие процесса С.В. Лебедева (основные показатели)

Наименование показателя	Промышленные данные ОАО "ЕЗСК" (1985 г.) 420...430 °С	Данные ИНХС РАН	
		без инициатора 400...410 °С	с применением инициатора ПВ-1 390...400 °С
Объемная скорость биоэтанола, л/л кат·ч	1,5	2,7	2,85
Селективность, не менее, %	44,15	50,0	52,0
Конверсия этанола, не менее, %	42	40	42
Выход дивинила на разложенный спирт от теории, не менее, %	75	85	88
Выход дивинила на пропущенный спирт, не менее, %	18,5	20,0	21,8
Расход спирта на тонну дивинила, не более, т	2,265	2,0	1,92
Непрерывность процесса	С периодической регенерацией	С периодической регенераций	Без регенерации катализатора

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:24

Color profile: Disabled
Composite Default screen

верхность, порометрический объем, прочность на истирание – % остаток образца при интенсивном просеивании через сито (диаметром 0,1 мм) за 1 мин).

Для отечественных носителей наблюдается значительное увеличение порометрического объема ($см^3$/г), что позволяет сократить кратность пропиток носителя по влагопоглощению путем приготовления большего количества пропиточного раствора и в более широком интервале варьировать концентрации хрома и калия. Оптимизация длительности прокаливания показала, что для получения носителя, пригодного для нанесения активного компонента из раствора хромовой кислоты, и обеспечения полной дегидратации гиббсита необходимо проводить термическую обработку продукта ТХА-ТГА при температуре не ниже 550 °С в течение 2 ч.

Оксид калия вводился исходя из водного раствора гидроксида, вводимого в сухую смесь истолченных порошков остальных компонентов (оксидов металлов). Магний – из оксида магния, так же как алюминий и цинк. Прочность получаемых образцов существенно зависела от их дисперсности, от программы повышения и конечной температуры прокаливания.

Эффективность инициирования процесса на катализаторе, содержащем γ-Al_2O_3, существенно зависит от концентрации в ПВ-1 вводимого пероксида водорода. Обнаруженный нами эффект повышения селективности процесса наблюдается при использовании 30 %-го раствора пероксида водорода при его смешении с 95 %-м этанолом из расчета 1 % пероксида в этаноле. В случае 90 %-го этанола эффект повышения селективности исчезает. То же самое отсутствие инициирования наблюдается при смешении 95 %-го этанола с 15 %-м раствором пероксида. Однако во всех случаях сохраняется эффект по отсутствию необходимости регенерации катализатора. По-видимому, вода ингибирует действие пероксида по генерации радикалов OH и HO_2, участвующих в инициировании процесса.

Использование 60 %-го раствора пероксида водорода позволяет получать более стабильные результаты с достижением селективности до 55 % по дивинилу. Из этих данных можно сделать вывод о том, что инициирование процесса зависит от времени пребывания пероксида водорода в испарительной зоне реактора и от времени его контакта с катализатором. Этот факт свидетельствует о гомогенно-гетерогенном характере протекания инициированного каталитического процесса. Отметим также, что проведение реакции при 410 °С в пустом реакторе и в реакторе, заполненном кварцевой насадкой практически не дало выхода по дивинилу. Конверсия не превышала 5 %. Однако расположение кварцевой насадки под слоем катализатора в закалочной зоне заметно уменьшает селективность процесса, в то время как расположение ее над слоем катализатора в испарительной зоне реактора только лишь уменьшает эффективность инициирующего действия ПВ-1. Все эти факты свидетельствуют в пользу гомогенно-гетерогенного характера механизма реакции и требуют более детального подхода к изучению обнаруженных явлений.

Интересно отметить, что при изучении влияния линейной скорости при заданном времени контакта путем одновременного адекватного изменения объемной скорости и загрузки катализатора также обнаруживается зависимость инициирующего действия ПВ-1 на показатели процесса. С увеличением отношения диаметра слоя катализатора к его высоте эффективность инициирования усиливается.

Замена формы оксида алюминия с γ на α приводит к необходимости работать при вдвое более низкой объемной скорости (1,5 $ч^{-1}$). Изучение инициирующего эффекта ПВ-1 в этих условиях показало также его отсутствие относительно селективности по дивинилу. Из этого следует, что инициирующий эффект действия пероксида не проявляется на промышленном образце, поскольку оптимальная объемная скорость его работы вдвое ниже, чем на предложенном нами образце, содержащем γ-форму оксида алюминия.

Отметим также, что при использовании псевдобемитной формы оксида алюминия необходимо предварительное прокаливание перед взвешиванием при 900 °С в течение 3 ч, поскольку псевдобемит имеет влагоемкость более 30 $см^3$/г. При смешивании порошков оксидов металлов большое значение имеет степень их дисперсности, требуемое значение которой достигается с использованием лабораторной вибромельницы ВМ-5.

Полученные результаты требуют детального анализа с привлечением современных спектрокинетических методов исследования и электронной сканирующей микроскопии.

В табл. 2 сопоставлены полученные в лаборатории результаты с промышленными показателями (влияние инициатора ПВ-1).

История вопроса начинается с работ Ипатьева. Именно он впервые предложил алюмооксидный катализатор на основе глинозема в начале прошлого века. Синтез осуществлялся механическим сме-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:25

Color profile: Disabled
Composite Default screen

шением, перетиранием порошков с последующим добавлением воды до пастообразного состояния и экструзией в червячки. Далее проводилось прокаливание с использованием серной кислоты и гидроксида натрия.

С.В. Лебедев оптимизировал состав катализатора, добавив оптимальное количество оксида цинка к оксиду алюминия (25...35 %). В первом варианте использовалась гамма форма оксида алюминия, катализатор прокаливался до 400...600 °С, а исходный оксид алюминия до температуры не выше 900 °С. Однако, как установлено нами, при этом получался катализатор, в присутствии которого в контактном газе наблюдалось значительное количество этилена и бутиленов при объемной скорости 1...3 $ч^{-1}$. При этом при низких линейных скоростях выход дивинила был незначительным, а с увеличением объемной скорости резко увеличивался, хотя при этом возрастала и сумма C_2+C_4 олефиновых углеводородов. Проведенные нами исследования показали, что при использовании γ-оксида алюминия медленными стадиями, наряду с образованием ацетальдегида, являются образование этилена и бутиленов. Это свидетельствует о том, что C_2+C_4 олефины не успевают превращаться в дивинил за один реакционный цикл.

Далее в промышленных условиях удалось получить катализатор, в котором стадии образования этилена и бутилена были ускорены относительно стадии образования ацетальдегида, единственной медленной стадией в процессе (лимитирующей стадией в механизме). Поэтому все типы классических механизмов, известных с 1930-х гг. прошлого века, базируются именно на этой медленной стадии (Горин и Нииямe [3–5]).

Достичь этого механизма, как показали результаты наших исследований, можно, используя дисперсный порошок альфа оксида алюминия механическим смешением его с оксидом цинка и последующим ступенчатым прокаливанием перкурсора до 1200 °С.

Важным моментом проводимого нами исследования, наряду с изучением истории создания катализатора С.В. Лебедева и аналогов этого процесса, был поиск инициатора реакции, в присутствии которого достигается полная непрерывность процесса. Таким инициатором оказался пероксид водорода, вводимый в исходный этанол в количестве 1...1,5 %.

При разработке метода синтеза катализатора нами синтезирован ряд образцов на основе оксида алюминия разной формы (γ, α, θ). Катализаторы готовились путем механического смешения ингредиентов с последующим приготовлением водной пасты, вялением и термообработкой, а также путем импрегнирования азотнокислого цинка в "червячках" γ-оксида алюминия. Как показали результаты испытания в проточном кварцевом реакторе (загрузка 10...15 $см^3$), активность катализатора, полученного методом пропитки оксида алюминия раствором азотнокислого цинка, оказалась более высокой по отношению к образцам, приготовленным механическим смешением оксидов цинка и алюминия. Сопоставимые показатели по выходу (на пропущенный этанол) и селективности процесса достигаются на промышленном, образце А (механическое смешение оксида цинка с γ-оксидом алюминия), В (пропитка γ-оксида алюминия азотнокислым цинком), С (механическое смешение оксида цинка с α-оксидом алюминия) при разных температурах и объемных скоростях по жидкому потоку (табл. 3):

Таблица 3

Влияние формы оксида алюминия на показатели процесса превращения этанола в дивинил

№ опыта	Катализаторы	*T*, °С	Объемная скорость, $ч^{-1}$	Дивинил, %	
				выход	селективность
1	Промышленный (1985)	420	1,2	18,1	44,2
2	А	410	3,0	20,0	48,0
3	В	400	4,2	22,0	53,1
4	С	425	1,1	17,2	42,3
5	Промышленный (+ПВ-1)	415	1,3	18,2	44,5
6*	А (+ПВ-1)	400	3,2	22,3	54,0
7*	В (+ПВ-1)	395	4,4	24,5	55,0
8	С (+ПВ-1)	420	1,2	17,5	43,2

* – процесс не требует регенерации (отсутствует падение активности).

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:25

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Как видно из таблицы, наиболее эффективным является катализатор В.

Добавка инициатора ПВ-1 (H_2O_2) в количестве 1,0...1,5 % по отношению к этанолу оказывает сложный модифицирующий, инициирующий и регенерирующий эффект. Модифицирующий эффект можно рассматривать как результат гидроксилирования поверхности катализатора за счет образующихся гидроксильных групп при термическом распаде пероксида водорода.

Опыты по изучению влияния пероксида водорода на процесс получения дивинила из этанола проводились в кварцевом реакторе, верхняя третья часть которого представляла собой испарительную зону. В этой зоне происходило испарение потока этанола или его смеси с пероксидом водорода. Слой катализатора размещался на уровне плато печи. После слоя катализатора следовала закалочная зона, из которой, пройдя через холодильник, конденсировалась жидкая фракция, а газовая фракция направлялась на анализ и сбрасывалась под тягу.

Как видно из приведенных результатов (см. табл.) исследования, эффект инициирования достигается при оптимальных объемных скоростях не менее 2,5 $ч^{-1}$, т.е. более значимые эффекты оказываются на образцах А и В, оптимальная объемная скорость на которых составляет 3,0...4,4 $ч^{-1}$. На промышленном образце и на синтезированном в лаборатории образце, содержащим α-форму оксида алюминия (С), эффекты инициирования практически не заметны.

Непрерывность процесса с использованием инициатора достигается в этой связи на синтезированных образцах А и В, на которых обеспечиваются высокие линейные скорости потока, исключающие рекомбинацию до входа в слой катализатора образующихся радикалов $OH^{\bullet}$ и $HO_2^{\bullet}$, ответственных за наблюдаемый синергетический эффект при комбинации катализатора и инициатора. На образце С, полученном на основе α-оксида алюминия, показатели процесса приближаются к промышленным, из чего можно предположить, что в промышленном образце доминирует α-форма оксида алюминия.

Таким образом оказалось, что эффективность действия инициатора проявляется только для катализатора, содержащего γ-форму оксида алюминия. Эффективность проявляется в подавлении коксообразования, инициировании процесса за счет сопряженной радикальной реакции в объеме гомогенного пространства и в модифицировании поверхности путем ее гидроксилирования (подробнее с привлечением спектральных данных по РФА и электронной сканирующей микроскопии ЭСМ).

Анализ кинетики показал, что объяснение эффекту связано с ограничением по линейной скорости потока, содержащего пероксид водорода. При линейных скоростях выше 2,5 $ч^{-1}$ проявляются все перечисленные эффекты, которые в итоге повышают производительность и селективность процесса по дивинилу. Поскольку катализатор на основе α-оксида алюминия имеет ограничения по объемной скорости (не более 1,5 $ч^{-1}$), то промышленный эталонный образец равновесного катализатора, как в кварцевом реакторе, так и в металле, не показал эффективности действия пероксида водорода. Не доходя до слоя поверхности катализатора в зоне испарителя, пероксид водорода превращается при этом не в радикалы $OH^{\bullet}$ и $HO_2^{\bullet}$, а в воду и кислород.

С.В. Лебедевым был предложен катализатор, работающий при объемной скорости жидкого этанола не более 1,5 $ч^{-1}$ с выходом дивинила на пропущенный этанол 15...18 %, селективностью не более 30 %.

Позже при промышленной доработке удалось поднять показатели до 18,4 % выхода и 44 %-й селективности, но при объемной скорости потока этанола несколько более низкой (1,0...1,2 $ч^{-1}$). Причины повышения селективности оставались неизвестными, в связи с чем нами было проведено детальное изучение физико-химических свойств промышленного образца.

Проведенное нами атомно-адсорбционное изучение химического состава промышленного равновесного образца 1985 г. показало доминирование в нем магния и кремния при допировании системы алюминием, кальцием, железом, цинком, молибденом и, возможно, калием, откуда можно предположить близость состава промышленного образца к японскому варианту 1972 г. [5], развиваемого далее в [8].

Изучение атомного состава промышленного катализатора показывает наличие в нем магния, кремния (табл. 4). Наличие железа и цинка, обнаруженное в равновесном образце промышленного катализатора, скорее всего связано с окалиной от стенок реактора.

На рис. 1 представлена микрофотография (СЭМ) промышленного катализатора. Из фотографии видно, что образец имеет пористую структуру и состоит из частиц, соединенных веществом, имеющим однородную консистенцию.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:25

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 4

Элементный состав промышленного катализатора производства дивинила из этанола

Элемент	keV	% мас.	Отклонение, %	Атомный, %
C	0,277	4,16	0,37	7,04
O	0,525	33,29	0,24	42,35
Mg	1,253	53,89	0,14	45,12
Al	1,486	0,40	0,29	0,30
Si	1,739	6,35	0,24	4,60
Ca	3,690	0,19	0,24	0,10
Fe	6,398	0,25	0,52	0,09
Zn	8,630	0,80	1,38	0,25
Mo	2,293	0,68	0,53	0,14
Итого:	–	100,00	–	100,00

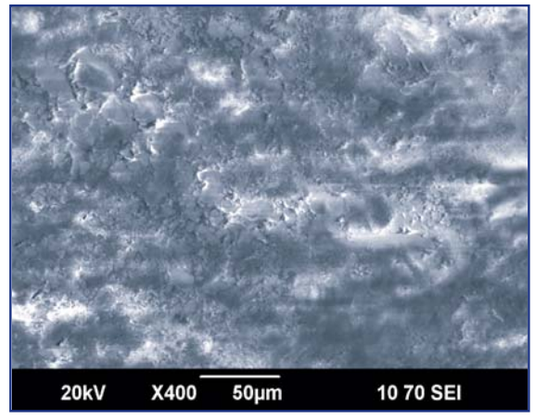
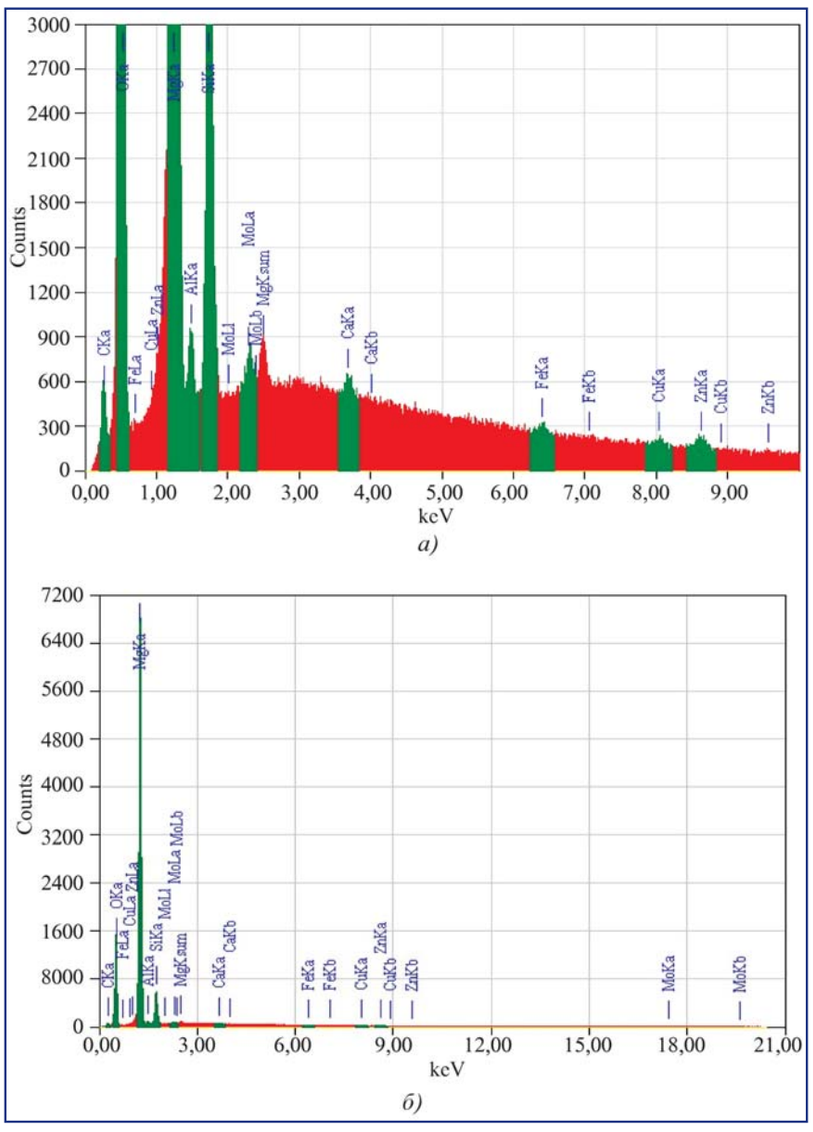


Рис. 1. *Электронная микрофотография текстуры промышленного катализатора на срезе гранулы*



На рис. 2, *а* и *б* в двух масштабах представлены спектры ЭДС исследованного участка образца, а в табл. 5 – содержание элементов, обнаруженных этим методом.

ЭДС спектры (рис. 2, *а* и *б*) показывают, что в образце присутствуют линии, отвечающие основным элементам – Mg, Si и O, линия Cu, Zn связана с материалом держателя образца (латунь). Присутствие углерода в спектре может быть обусловлено методом подготовки пробы, а также коксом, который образовался в равновесном промышленном образце. Кроме того, в промышленном образце катализатора обнаруживаются примеси Mo, Fe, Ca, Al и, возможно, Zn.

Фазовый состав образцов был исследован методом рентгенофазового анализа (РФА). Съемка проводилась на приборе Advanced D8 powder X-ray Diffractometer фирмы BRUKER с использованием CuK_{α} излучения (λ = = 0,15406 нм) по точкам с интервалом 0,1° и экспозицией 20 с. Реги-

Рис. 2а. *ЭДС-спектр образца (распределение элементов фракции)*

Рис. 2б. *ЭДС-спектр образца общее (распределение элементов фракции)*

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:46

Color profile: Disabled
Composite Default screen

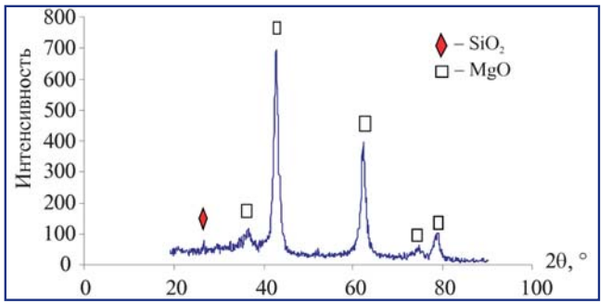


Рис. 3. Данные РФА для образца (промышленный)

страция дифрактограмм фиксировалась в диапазоне углов 2θ 10...100°. Результаты анализа фазового состава получены путем сравнения с данными компьютерной базы данных STOE WinXPOW.

Определение среднего размера (*D*) областей когерентного рассеяния (ОКР) осуществляли рентгенографическим методом, основанным на гармоническом анализе профиля дифракционных максимумов. Средний размер ОКР оценивали по формуле Селякова-Шеррера:

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta},$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения; *K* – фактор формы частицы, принятый равным 0,94; θ – дифракционный угол; β – истинное физическое уширение, определяемое как ширина рентгенографической линии на полувысоте. Ошибка измерения *D* составляла 5 %.

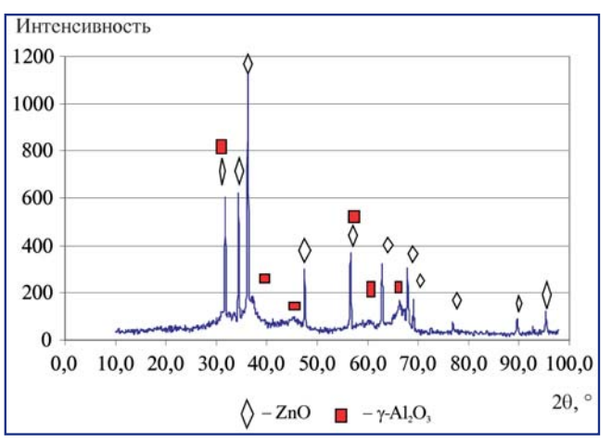


Рис. 4. Данные РФА для цинк-алюминиевого образца, синтезированного в лаборатории

Образец промышленный

По данным РФА (рис. 3) промышленный образец представляет собой разупорядоченную фазу MgO с незначительной примесью SiO_2. Рассчитан размер ОКР для MgO, *D*(MgO) = 8,2 нм.

Образец, синтезированный в лаборатории

По данным РФА (рис. 4) это образец представляет смесь двух фаз: основной упорядоченной фазы ZnO (размеры ОКР *D*(ZnO) = 42 нм) и сопутствующей разупорядоченной фазы Al_2O_3. Все размытые диффузные пики относятся к γ-Al_2O_3, размеры ОКР для которого из-за сильного наложения линий 34 рассчитать невозможно.

Заключение

Проведение испытаний в металлическом реакторе (загрузка 30...50 см^3) промышленного образцов и образца А показало принципиальное совпадение с показателями, полученными в кварцевом реакторе, однако при несколько более низких объемных скоростях (на 10...15 % отн.).

В промышленном Mg–Si-образце ОКР для MgO, *D*(MgO) = 8,2 нм, а для фазы SiO_2 пик едва заметен. Это говорит о том, что эти компоненты высокодисперсны. Возможно, промышленный образец 1985 г. и был подвергнут термической обработке при повышенных температурах, однако присутствие множества компонентов скорее всего мешает укрупнению частиц.

Синтезированный нами. ZnO/ γ-Al_2O_3 образец представляет смесь двух фаз: основная упорядоченная фаза ZnO (размеры ОКР *D*(ZnO) = 42 нм), т.е. частицы крупнее, чем MgO в промышленном Mg–Si-образце, и сопутствующая разупорядоченная фаза Al_2O_3.

Все размытые диффузные пики относятся к γ-Al_2O_3, из-за сильного наложения линий размеры ОКР для других форм оксида алюминия рассчитать невозможно. Для γ-Al_2O_3 можно сказать, что она высокодисперсная.

Возможно, что ZnO состоит из кристаллов, а также присутствует в виде рентгеноаморфной фазы.

Мы полагаем, что в отличие от промышленного Mg–Si-образца, характеризуемого выраженной кристаллической структурой вследствие высокотемпературной обработки в ходе синтеза, предло-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:53

Color profile: Disabled
Composite Default screen

женный нами ZnO/ γ-Al_2O_3 наноструктурированный образец В, прокаленный ниже 450...500 °С, характеризуется более высокой дисперсностью активных фаз, ответственных за катализ. Прокаливание его до 1200 °С в течение 10 ч приводит к переходу оксида алюминия в α-форму с образованием образца С.

Проведенное нами ранее исследование влияния водяного пара на селективность процесса получения дивинила в пределах мольного отношения не более 0.5:1 не дало положительного эффекта. Добавление воды существенно затрудняет действие пероксида водорода, поскольку важным фактором является концентрация инициатора в потоке. Более подробно следует оценить влияние водяного пара при повышенных температурах и при значительных разбавлениях (10...20):1, подобно тому, как это имеет место в промышленных процессах дегидрирования этилбензола в стирол, изопентан-изоамиленовых углеводородов в изопрен и бутан-бутиленовых фракций в дивинил в присутствии или в отсутствие кислорода (никель-молибденовые катализаторы, К-16, ИМ-612, NiVSb/γ-Al_2O_3 [9]). Переход от катализатора А [10], приготовленного механическим смешением, приводит к более грубой дисперсности распределения активных компонентов (150...200 нм), в отличие от катализатора В, приготовленного путем пропитки азотнокислым никелем цилиндров γ-оксида алюминия (50...80 нм по оксиду цинка).

Детальное исследование методами СЭМ, РФА, ДТГ физико-химических свойств синтезированных систем будет опубликовано в следующих наших публикациях.

Отметим, что проведенное нами ранее исследование влияния водяного пара на селективность процесса получения дивинила в пределах мольного отношения водяного пара к этанолу (0,5...1):1 не дало положительного эффекта. Добавление воды существенно затрудняет действие пероксида водорода, поскольку важным фактором является концентрация инициатора в потоке. Более подробно следует оценить влияние водяного пара при повышенных температурах и при значительных разбавлениях (10...20):1, подобно тому, как это имеет место в промышленных процессах дегидрирования этилбензола в стирол, изопентан-изоамиленовых углеводородов в изопрен и бутан-бутиленовых фракций в дивинил в присутствии или в отсутствие кислорода (никель-молибденовые катализаторы, К-16, ИМ-612, NiVSb/γ-Al_2O_3).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Лебедев С.В.** Жизнь и труды // ОНТИ Хим. Теорет. Ленинград. 1938. 878 с.

2. **Лебедев С.В.** // Журнал органической химии. 1931. № 111. С. 698.

3. **Горин Ю.А.** // Журнал органической химии. 1946. № 16. С. 283.

4. **Bhattacharyya S.K., Avasthi N.** One-step catalytic conversion of ethanol to butadiene in a fluidized bed // J. Appl. Chemistry. 1963. V. 2. № 1. P. 45.

5. **Hiroo Niiyama, Saburo Morii, Etsuro Echigoya.** Butadiene formation from ethanol over Silica-Magnesia catalyst // Bull. Chem. Soc. Japan. 1972. V. 45. P. 655–659.

6. **Kazushi Arata, Hiromitsu Sawamura.** The Dehydration and Dehydrogenation of Ethanol Catalyzed by TiO_2–ZrO_2 // Bull. Chem. Soc. Japan. 1975. V. 48 (11). P. 3377–3378.

7. **Gruver V., Sun A., Fripiat J.J.** Catalytic properties aluminated sepiolite in ethanol conversion // Catalysis Letters. 1995. V. 34. P. 359–364.

8. **Ryuichiro Ohnishi, Takao Akimoto, Kozo Tanaba.** Pronounced Catalytic Activity and Selectivity of MgO–SiO_2–Na_2O for Synthesis of Buta-1,3 – diene from Ethanol // J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1985. P. 1613–1614.

9. **Талышинский Р.М., Ризаев Р.Г., Гаджи-Касумов В.С., Алиев В.С., Тер-Саркисов Б.Г., Сейфуллаева Ж.М.** Способ получения дивинила. Патент США 4198586, приор. 28.12.78. Патент Франции 2444019. 1980. БИ № 47.

10. **Третьяков В.Ф., Хаджиев С.Н., Талышинский Р.М., Максимов А.Л., Илолов А.М.** Способ получения дивинила (варианты). Положительное решение по заявке № 2010148026/04(069440), C07C, B01J от 26.11.2010, опубл. 27.01.2012 (Роспатент).

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:53

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НЕФТИ АБШЕРОНСКОГО РАЙОНА В ПРИРОДНОЙ СРЕДЕ

А.П. Мамедов, М.А. Наджафова, Р.А. Джафарова, Ч.К. Салманова, С.Ф. Ахмедбекова,
Институт Нефтехимических Процессов НАН Азербайджана, г. Баку

Методами абсорбционной спектроскопии, люминесценции и ЭПР исследованы фотохимические и фотоокислительные превращения нефти Балаханского, Сураханского и Биби-Эйбатского месторождений, извлеченных из почв и с поверхности водоемов. Рассмотрены вопросы, связанные с передачей энергии между компонентами нефти, особенностями их люминесценции и закономерности генерации парамагнитных частиц под воздействием фотооблучения.

Ключевые слова: загрязнители, каталитический крекинг, пиролиз, ароматические углеводороды, перинафтильные радикалы, асфальтены.

PHOTOCHEMICAL TRANSFORMATIONS OF OILS ABSHERON REGION IN THE NATURAL ENVIRONMENT

M.A.Mamedov, M.A.Najafova, R.A.Jafarova, Ch.K.Salmanova, S.F.Axmedbekova,
of the Institute of Petrochemical Processes of ANAS, Baku

By metods EPR, luminescence and absorption spectroscopy have been investigated of photochemicals and photooksidations transformations of oils Balakhani, Surakhani and Bibi-Heybat deposits, extracted from the surfaces of soils and water (of reservoir). It have been considered the issue related to the transfer of energy between the oil components and of their luminescence characteristics and regularities of generation of paramagnetic particles under the action of photoirradiation.

Keywords: pollutants, catalytic cracking, pyrolysis, aromatic hydrocarbons, perinaftilnye radicals, asphaltenes.

Атмосфера, почва и водные ресурсы нашей планеты постоянно подвергаются воздействию различных загрязнителей, являющихся плодом все возрастающей техногенной деятельности человека, связанной с развитием и расширением масштабов промышленности, сельского хозяйства, транспорта и т.д. В связи с этим в настоящее время ведется работа как по уменьшению эффективности влияния загрязнителей, находящихся в различных агрегатных состояниях, так и по целенаправленному использованию последних для практических целей.

Известно, что одним из основных загрязнителей, ежегодно выделяемых в атмосферу, являются оксиды углерода, серы, азота, углеводороды, хлор и фторсодержащие газы и др. Содержание CO_2 в указанных газах составляет более 82,9 %. Основными источниками CO_2 является автотранспорт, нефтегазовая теплоэнергетика, металлургия и т.д. Дальнейшее увеличение содержания CO_2 в атмосфере может привести к усилению, "парникового эффекта" и к существенным климатическим изменениям, в частности, связанными с таянием ледового покрова полюсов Земли и увеличению уровня мирового океана. В связи с этим в последние годы ведется широкомасштабная научно-исследовательская работа, как по уменьшению антропогенного выброса в атмосферу CO_2, так и по их утилизации [1–3].

Одним из основных загрязнителей литосферы и гидросферы являются различные отходы нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих, промышленных предприятий, а также разливы нефти и нефтепродуктов при их транспортировке [4, 5].

Сырая нефть на земной поверхности подвергается воздействию целого ряда факторов: квантов солнечного света, молекул воды и др., а также оксидным компонентам почвы, которые являются катализаторами ее превращения. Поэтому можно предположить, что под действием окружающей среды в компонентах нефти будут происходить сложные фотофизические и фотохимические процессы. Особенно это касается многих ароматических углеводородов (УВ) нефти на поверхности

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

почвы и водоемов, чувствительных к солнечному свету.

Следует отметить, что фотофизические и фотохимические процессы в ароматических УВ, адсорбированных на поверхности твердых носителей, в последние годы стали объектами многочисленных исследований, связанных с целым рядом фундаментальных и практических проблем: изучение состояния поверхности [6], возможность получения новых композитных материалов [7], водородная энергетика [8], изучение превращения ароматических УВ в атмосфере в связи с мониторингом состояния природной среды [9], поиск новых высокочувствительных методов разведки нефти, газа [10] и т.д.

Учитывая возможность получения из высококипящих нефтепродуктов люминофоров и ингибиторов фотоокисления [11], можно предположить, что из нефти, разлитой на поверхность почвы и водоемов, можно получить ее фотостабильные аналоги.

В настоящей работе приводятся результаты исследований превращения ароматических углеводородов некоторых видов нефти под воздействием неразложенного света ртутной лампы.

Методика эксперимента

Объектами исследования служили нефти Балаханского, Сураханского и Биби-Эйбатского месторождений Абшеронского полуострова (Азербайджан) после их разлива в окружающую среду. Были изучены электронные, инфракрасные спектры поглощения, возбуждения люминесценции и спектры ЭПР указанных видов нефти после воздействия на них солнечного света. Содержание нефти, в выделенных из нефтезагрязненной почвы и поверхности водоемов, составило соответственно 35...70 и 91...96 %. Содержание масел, смол и асфальтенов, определенных по ГОСТ 11858–66, составило 84...87, 11...14, 2...4 %. Однако в сырых видах нефти эти показатели составили соответственно 96...97, 3...4, 0...0,12 % [12, 13].

Измерения электронных спектров поглощения проводили на спектрофотометре "Specord UV-Vis" в интервале 200...800 нм. Спектры возбуждения люминесценции записывали на фотоэлектрической установке, собранной на базе "Spektromom-201" [14], ИК спектры поглощения – на спектрофотометре "Specord M-80". Спектры ЭПР регистрировались на радиоспектрометре "РЭ-1306" в условиях минимального насыщения, эталоном масштаба магнитного поля при измерениях служил Mn^{2+} ($S = 5/2$). Облучение образцов проводили полным светом ртутной лампы ДРШ-500 при комнатной температуре на воздухе.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены электронные спектры поглощения углеводородов, смол и асфальтенов, выделенных из пропитавшейся нефтью почвы вокруг скважины Балаханского месторождения. В приведенном спектре наблюдаются в основном три максимума 210, 235 и 255 нм, обусловленные соответственно бензольными, нафталиновыми и фенантреновыми углеводородами. Эти максимумы в несколько другом соотношении интенсивностей наблюдаются и для нефти, взятой из резервуара, состоящего, главным образом, из углеводородов. Отсутствие в спектре другого трехкольчатого конденсированного углеводорода антрацена, вероятно, связано с ее меньшей стабильностью по сравнению с фенантреном [10, 15]. Хотя отличие спектров смол и асфальтенов от спектров углеводородов несущественно, однако следует отметить, что край их смещен в более длинноволновую область, при этом смещение для асфальтенов больше, что связано с более высокой степенью конденсированности ароматических ядер последних.

На основании вышеприведенных результатов можно заключить, что, несмотря на значительно большую молекулярную массу смол и асфальтенов по сравнению с углеводородами изучаемой нефти, структурно-групповой состав их ароматических углеводородов существенно не отличается. Это указывает на то, что обнаруженные ароматические УВ в смолисто-асфальтеновых веществах (САВ) находятся изолированно друг от друга и большая молекулярная масса последних связана не с увеличением степени конденсированности ароматиче-

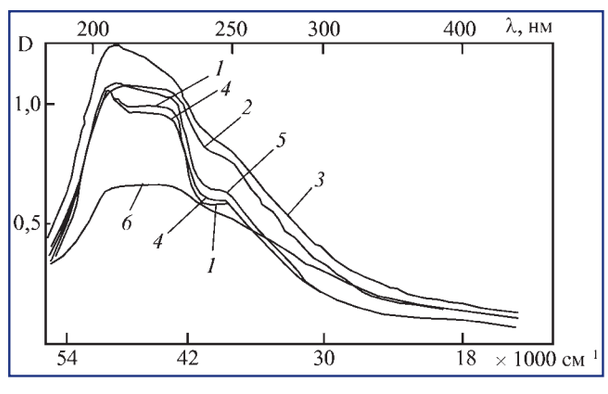


Рис. 1. *Электронные спектры поглощения углеводородов, смол и асфальтенов Балаханской нефти, извлеченной соответственно из почвы (1, 2, 3) и с поверхности водоема (4, 5, 6)*

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:54

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ских ядер, а с увеличением числа изолированных ароматических структур. Следует отметить, что такая структура существенно отличается от структур САВ вторичной переработки нефти (каталитический крекинг, пиролиз), для которых характерно наличие в их составе значительных количеств, ароматических УВ со степенью конденсированности ароматических ядер больше трех [11].

Методом ИК-спектроскопии анализированы углеводороды, выделенные из нефти, с поверхности воды и из почвы [16]. В спектре имеется полоса при 730 см$^{-1}$, соответствующая маятниковым колебаниям CH_2 группы. Полосы поглощения при 1380, 1470 и 2800...3000 см$^{-1}$ соответственно отвечают за деформационные и валентные колебания CH_2 и CH_3 групп. Кроме того, в спектре присутствуют полосы поглощения в области 800...850 см$^{-1}$, принадлежащие *Ar—R* связи. В спектре появляется также полоса поглощения при 980 см$^{-1}$, соответствующая нафтеновым УВ. Полоса поглощения при 1740 см$^{-1}$ принадлежит валентным колебаниям С=О группы.

Визуальное наблюдение люминесценции компонентов Балаханской нефти показало, что как цвет люминесценции, так и ее яркость существенно отличаются друг от друга. Люминесценция УВ, полученных из нефти, взятой из почвы, обладает голубым, с поверхности воды – бирюзовым цветом. Яркость люминесценции УВ, обусловленных их ароматическими компонентами, значительно больше чем у смол, а у последних больше, чем у асфальтенов.

Электронные и ИК спектры поглощения и люминесценция других видов нефти Абшеронского полуострова существенно не отличаются от таковых для Балаханской нефти. Для всех этих видов нефти, взятых из резервуара, цвет люминесценции (светло-коричневый) практически совпадает с цветом люминесценции их смол. Однако цвет люминесценции указанных видов нефти, собранных с поверхности воды и из почвы, совпадает с цветом люминесценции их асфальтенов (темно-коричневый).

Следует отметить, что аналогичные результаты ранее были получены для продуктов вторичной переработки нефти и было установлено [17], что цвет люминесценции в них обусловлен более высокомолекулярными соединениями, возбуждение которых происходит путем "каскадной" передачи энергии от относительно низкомолекулярных ароматических соединений.

Особенности люминесценции УВ Балаханской нефти изучены также по спектрам возбуждения люминесценции (рис. 2) с использованием ртутных

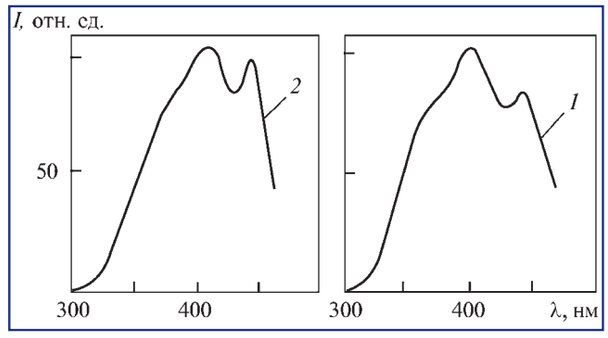


Рис. 2. *Спектры возбуждения люминесценции Балаханской нефти, извлеченной из почвы (1) и с поверхности водоема (2)*

светофильтров (Hg436, Hg546). Представленные спектры охватывают довольно широкую область и имеют полосы при $\lambda^{max}_{возб.}$ = 340, 360, 390 и 430 нм, обусловленные наличием в образцах антраценовых и периленовых УВ. Более четкое выявление этих УВ в спектре возбуждения в области 350...450 нм в отличие от спектров поглощения обусловлены с одной стороны со значительно большей чувствительностью метода люминесценции, с другой – с сенсибилизированным характером этой люминесценции [18].

При возбуждении образцов нефти, извлеченной из почвы и с поверхности водоемов в области 300...400 и при 430 нм, соответственно происходит сине-голубое желто-зеленое свечение. Отличие этих спектров связано с отношением интенсивностей полос при 300...400 и 430 нм. Более интенсивная полоса при 430 нм наблюдается для нефтей, извлеченных с поверхности водоемов. Это показывает, что конденсированных ароматических ядер в последних больше. Учитывая, что на поверхности водоемов образцы более эффективно подвергаются воздействию солнечного излучения, можно допустить, что происходит сенсибилизированное ароматическими УВ дегидрирование нафтеновых колец с последующей их конденсацией.

Люминесценция нефти и продуктов ее переработки, как многокомпонентных систем с характерным молекулярно-массовым и элементным распределением, обладает переменной люминесценцией в отличие от люминесценции синтетических однокомпонентных систем. Изменение концентрации раствора продуктов нефтяного происхождения приводит не только к изменению интенсивности, как в растворах синтетических соединений, но и цвета люминесценции. В соответствии с этим явлением, связанным с передачей энергии между ком-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

понентами, увеличение в растворах концентрации нефти, извлеченных из окружающей природной среды, приводит к "красному" смещению люминесценции, а уменьшение – к "голубому". При этом показано, что этот процесс можно повторить неоднократно, что свидетельствует не о структурных изменениях в растворе, а об изменениях их концентрации.

Изучена также рекомбинационная люминесценция исследуемых нативных видов нефти методом фототермолюминесценции (ФТЛ) в широком интервале температур (–196...250 °С), позволяющая выявить элементарные стадии в них фотохимических процессов.

Исследование ФТЛ изученных видов нефти после (5...10 с) фотооблучения при –196 °С показало, что наблюдаются практически те же низкотемпературные (по отношению к температуре их замерзания) водородные (–165 °С), кислородные (–108 °С) и радикальные (–75 °С) пики, связанные с реакциями (1)–(4), как и в продуктах вторичной переработки нефти [14]:

$$H + H^- \rightarrow H_2 + e\,; \qquad (1)$$

$$O_2^- + R^\bullet \rightarrow RO_2^\bullet + e\,; \qquad (2)$$

$$R + HO_2^- \rightarrow ROOH + e\,; \qquad (3)$$

$$e + ПАУ^{+\bullet} \rightarrow ПАУ^* \rightarrow ПАУ + h\nu\,, \qquad (4)$$

где ПАУ – полициклические ароматические углеводороды.

Однако в высокотемпературной области ФТЛ возникает только пик хемилюминесценции (ХЛ) (~240 °С), а пики фототермолюминесценции отсутствуют. Анализ полученных данных показывает, что эта особенность ФТЛ нативных видов нефти связана с отсутствием в них олефинов, высококольчатых ПАУ и слабостью свечения, связанной с реакцией

$$RO_2^\bullet + RO_2^\bullet \rightarrow >C^* = O + ROH + {}^1O_2\,.$$

Следует отметить, что наличие ХЛ при ~240 °С изученных видов нефти значительно смещает в высокотемпературную область температурное тушение ФЛ, что позволяет их предложить в качестве пенетранта для дефектоскопии нагретых тел (до 250 °С) [23].

Ранее методом ЭПР в нефти и продуктах ее переработки до и после фотооблучения в широком интервале температур (–196...500 °С) был обнаружен целый ряд радикалов: радикалы САВ ($R^\bullet_{САВ}$), катион-радикалы ($ПАУ^{+\bullet}$), алкильные и пероксидные радикалы ($R^\bullet$, $ROO^\bullet$), радикалы перинафтена ($R^\bullet_{пн}$), атомарный водород ($H^\bullet$) и стабилизированный электрон (e^-) [19–23].

Концентрации парамагнитных центров (в относительных единицах) в исследуемых видах нефти

Название месторождения нефти	Нефть исходная	Нефть с поверхности водоема	Нефть из почвы
Биби-Эйбатская	150	140	260
Сураханская	225	275	290
Балаханская	240	300	310

В изученных нами Абшеронских сырых видах нефти, взятых из резервуара (по ГОСТ 11858–66), были обнаружены незначительные количества асфальтенов [12, 13]. Однако по методу ЭПР во всех этих видах нефти регистрируются парамагнитные центры (ПЦ) с большой чувствительностью. Количество последних на поверхности почв и водоемов значительно увеличивается, как за счет генерации радикалов САВ при фотоокислении, так и за счет улетучивания легких компонентов (табл.).

В таблице приведены значения концентрации ПЦ (в относительных единицах) в видах нефти, взятых из резервуара, с поверхности водоема и почвы. Как видно из таблицы, при одинаковых весовых количествах различных видов нефти наибольшая концентрация ПЦ наблюдается в образцах, взятых из загрязненных почв. Это объясняется тем, что нефть в почве находится в виде тонких пленок на поверхности частиц оксидов металлов, выступающих в качестве катализаторов ее окисления [23], что способствует более эффективному образованию асфальтенов. Для видов нефти различных месторождений, собранных с поверхности водоемов, непосредственно находящихся под действием солнечного излучения, наблюдается как увеличение, так и незначительное уменьшение концентрации ПЦ. Однако следует отметить, что значения последних, кроме воздействия триплетного ($^3O_2$) и синглетного кислорода ($^1O_2$), зависят также от толщины нефтяных пленок, от времени воздействия излучения, от природы исходной нефти и т.д.

Исследование воздействия не разложенного света ртутной лампы ДРШ-500 на образцы Бала-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ханской нефти в течение 1 ч показало, что в нефти, хранящейся в резервуаре изменений в концентрации ПЦ асфальтенов практически не происходит. В спектре ЭПР образцов, взятых из почвы и с поверхности водоема, интенсивность линий их уменьшается на ~40 %, что нами наблюдалось при фотооблучении асфальтенов, выделенных из тяжелых нефтяных остатков вторичной переработки нефти [22]. В работе было также показано, что при больших концентрациях смол и углеводородов фотооблучение, как правило, приводит к генерации асфальтенов. Эти два процесса для исходной нефти компенсируют друг друга (фотодинамическое равновесие), что приводит к тому, что общая концентрация асфальтенов остается неизменной.

Полученные в настоящей работе экспериментальные данные по абсорбционной спектроскопии, люминесценции и ЭПР однозначно показывают, что в сырой нефти, на поверхности водоемов и почв с участием катализаторов, а также под воздействием солнечного света образуются САВ. Учитывая, что исходная нефть состоит практически только из углеводородов, следует отметить, что формирование САВ, главным образом, происходит с участием кислорода. Предполагается, что этот процесс может происходить по радикальному механизму [19]. В большинстве случаев промежуточных радикалов не удалось зафиксировать, вероятно из-за малого времени их жизни. Однако в работе [21, 23] в высококипящих углеводородах каталитического крекинга были обнаружены промежуточные перинафтильные радикалы (~30 °С и выше), которые в обычных условиях эффективно превращаются в радикалы САВ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Степановский А.С.** Общая экология. М.: ЮНИТИ, 2000. 510 с.

2. **Никаноров А.М., Хоружая Т.А.** Глобальная экология. М.: ПРИОР, 2001. 285 с.

3. **Орлов Д.С., Садовников Л.К., Лозановская И.Н.** Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2002. 334 с.

4. **Феленберг Г.** Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. М.: Мир, 1997. 232 с.

5. **Рустамов М.И., Аббасов В.М., Мамедова Т.А.** Экологические проблемы Земли. Баку: Элм, 2008. С. 2.

6. **Еременко А.М., Янкович В.Н., Быковская Л.А., Куликов Л.А.**10-й Всесоюзный семинар по применению оптической спектроскопии в адсорбции и катализе. Тез. докл. Ленинград. 1988. С. 98.

7. **Янкович В.Н., Осипов В.В., Еременко А.М., Чуйко А.А.** Теоретическая и экспериментальная химия. 1987. Т. 23. № 1. С. 121.

8. **Еременко А.М., Янкович В.Н., Чуйко А.А.** Теоретическая и экспериментальная химия. 1988. Т. 24. № 2. С. 231.

9. **Фотокаталитическое** преобразование солнечной энергии: под ред. К.И. Замараева. Новосибирск: Наука, 1985. 440 с.

10. **Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А.** Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1988. 224 с.

11. **Салманова Ч.К.** Фотоокисление компонентов тяжелых нефтяных остатков и их антиокислительные свойства. Автореф. дисс. ... д-ра хим. наук. Баку. 2011. 46 с.

12. **Ашумов Г.Г.** Азербайджанские нефти. Баку: Изд-во АН Азерб. ССР. 1961. 553 с.

13. **Самедова Ф.И.** Нефти Азербайджана. Баку: Элм, 2011. 410 с.

14. **Салманова Ч.К., Джафарова Р.Ф., Мусаев Дж.Дж. и др.** Термолюминесценция фотооблученных нефтяных люминофоров пиролизного происхождения // Химия высоких энергий. 2009. Т. 43. № 5. С. 465.

15. **Клар Э.** Полициклические углеводороды. М.: Химия, 1971. Т. 1. 455 с., Т. 2. 455 с.

16. **Наканиси К.** Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Наука, 1963. 210 с.

17. **Rustamov M.I., Mamedov A.P.** Photocemical Accumulation of Solar Energy and its Thermal Luminescence in oil Luminophors // Processes of Petrochemistry and Oil Refining. 2002. 3(10). P. 47.

18. **Салманова Ч.К., Мусаев Дж.Дж., Джафарова Р.А., Мамедов А.П.** Нефтяные люминофоры пиролизного происхождения и передача энергии между их компонентами // Журнал прикладной химии. 2010. Т. 83. Вып. 6. С. 978.

19. **Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н.** Фундаментальные аспекты химии нефти. Новосибирск: Наука, 1995. 187 с.

20. **Галимов Р.А., Тагирзянов М.И., Якубов М.Р., Морозов В.И.** Стабильные радикалы в составе тяжелой смолы пиролиза // Нефтехимия. 2003. Т. 43. № 4. С. 282.

21. **Мардухаев В.Р., Мамедов А.П.** Полициклические ароматические радикалы в высококипящих углеводородах нефти и их термическая стабильность // Нефтехимия. 1991. Т. 31. № 4. С. 528.

22. **Наджафова М.А., Мамедов А.П., Рустамов М.И., Салманова Ч.К.** Радикалы в тяжелом газойле каталитического крекинга. Закономерности генерации и гибели их при фотооблучении // Нефтехимия. 2003. Т. 42. № 4. С. 273.

23. **Мамедов А.П., Наджафова М.А., Салманова Ч.К.** Фоточувствительность свободных радикалов, генерированных при термическом воздействии в нефтяных люминофорах // Матер. Междунар. конф. по люминесценции, посвященной 110-летию со дня рождения академика С.И. Вавилова. М., 2001. С. 167.

24. **Крылов О.В.** Катализ неметаллами. Закономерности подбора катализаторов. М.: Химия, 1967. 240 с.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:55

Color profile: Disabled
Composite Default screen

АВТОТРАКТОРНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПГ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

Олег Попов, заместитель гендиректора ОАО "НПО Гелиймаш",
Александр Брагин, начальник сектора ОАО "НПО Гелиймаш",
Наталья Еремина, руководитель группы ОАО "НПО Гелиймаш",
Сергей Мильман, начальник лаборатории ОАО "НПО Гелиймаш", канд. техн. наук.,
Вадим Удут, генеральный директор, канд. хим. наук

Расширение применения СПГ на территории Российской Федерации подразумевает в том числе и применение СПГ в качестве газомоторного топлива для всех видов транспортных и стационарных средств. С этой целью в ОАО "НПО Гелиймаш" разработаны и сертифицированы автотранспортные топливные системы для использования СПГ в качестве ГМТ. Были произведены сертификационные испытания автомобиля, оснащенного этим оборудованием и работающего на СПГ, включая экологические, скоростные испытания и экспертизу безопасности.

Ключевые слова: сжиженный природный газ (СПГ), криогенная автозаправочная станция (КриоАЗС), криогенный топливный бак, криогенная топливная аппаратура.

AUTOTRACTOR FUEL SYSTEMS FOR THE USE OF CNG AS MOTOR FUEL

Oleg Popov, deputy general director of JSC "NPO Geliymash",
Alexander Bragin, Head of JSC "NPO Geliymash",
Natalia Eremina, head of JSC "NPO Geliymash",
Sergei Milman, chief of laboratory of JSC "NPO Geliymash", Cand. of Science,
Vadim Udut, CEO, Cand. Of Chemistry Science

Expansion of LNG in the Russian Federation means including the use of CNG as motor fuel for all types of transport and stationary tools. To this end, JSC "NPO Geliymash" designed and certified motor fuel systems for the use of CNG as a locus. Were carried out certification tests of the car fitted with this equipment, and operating on CNG, including environmental, high-speed testing and safety expertise.

Keywords: liquefied natural gas (LNG) cryogenic filling station (KrioAZS), a cryogenic tank, cryogenic fuel injection equipment.

В ОАО "НПО Гелиймаш", имеющем полувековой опыт создания и эксплуатации криогенного оборудования, разработаны и проходят испытания узлы и элементы систем для сжижения природного газа (ПГ), хранения и заправки его в топливные баки.

Использование сжиженного природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива имеет, безусловно, преимущества по сравнению с традиционными видами топлив нефтяного происхождения, в первую очередь – по стоимостным параметрам и во вторую – по экологии отработавших выхлопных газов у двигателей внутреннего сгорания.

Для использования СПГ в качестве моторного топлива "НПО Гелиймаш" было разработано семейство криогенных топливных баков (БКТ), включающее два типа базовых емкостей БКТ-100 и БКТ-300 с гидравлическими объемами 100 и 300 л соответственно.

Применение указанных баков позволило подвергнуть эксплуатационным испытаниям на СПГ широкий спектр типов автомобилей, автобусов и тракторов. Также решались вопросы обеспечения регазифицированным природным газом двигателя силовой установки, при этом гидравлические и тепловые расчеты арматуры, трубопроводов и теплообменников-газификаторов проводились с учетом максимальных часовых расходов газового топлива и рабочего давления на входе в газодозирующую аппаратуру двигателя. Так, для серийно выпускаемых газовых двигателей Cummins CGe-250.31 минимально допустимое рабочее давление на входе в

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:20:56

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 1

Модель двигателя	Транспортное средство	Давление газа		Расход газа, $м^3/ч$
		на входе в систему питания, $кгс/см^2$	в БКТ (рекомендуемое), $кгс/см^2$	
Cummins CGe-250,31	Автобус ЛиАЗ-5256 М	4,13 минимальное	5,6...6,3	104
КамАЗ-820 (турбонаддув)	Автобус НЕФАЗ-5299-10-21	5...6 перед форсункой 3	5...10	90
КамАЗ-820 (атмосферный)	Автобус НЕФАЗ-5299-10-21	5...6 перед форсункой 3	5...10	63
КамАЗ-720 (газодизель)	Грузовой автомобиль КамАЗ	5...6 перед смесителем 0,01	6...10	50
ММЗ-245 (конвертирован на газ)	Грузовой автомобиль ЗИЛ-5301	2...5	2,0...5,5	30
ММЗ-245 (газодизель)	Трактор МТЗ-82	2...5	2,0...5,5	30
ЗМЗ-406 (двухтопливный)	Грузовой автомобиль ГАЗ-3302	2...5	2,0...5,5	25
ЯМЗ-238	Трактор К-700	2...5	2,0...5,5	100

редуктор низкого давления должно быть не менее 0,413 МПа (60 psi), а максимальное – не выше 1,034 МПа (150 psi). Для газового двигателя КамАЗ 820.53-260 ("Евро-2") давление перед электромагнитными форсунками должно устойчиво поддерживаться редуктором низкого давления на уровне около 0,3 МПа (табл. 1).

Бак криогенный топливный (БКТ) представляет собой двустенный цилиндрический резервуар, выполненный из нержавеющей стали с вакуумно-многослойной теплоизоляцией.

Внутренний сосуд закреплен в кожухе на двух цилиндрических опорах из стеклопластика. В верхней части внутреннего сосуда установлена ловушка, предотвращающая выброс жидкости в газосброс при движении автомобиля по неровной дороге и гарантирующая обеспечение определенного объема паровой подушки над зеркалом жидкости при заправке.

На днище кожуха сосуда установлены вакуумный клапан, обеспечивающий возможность периодической откачки вакуумной полости при проведении регламентных работ, и предохраняющая от разрушений кожух при разгерметизации внутреннего сосуда. Сосуд подлежит действию утвержденных Госгортехнадзором "Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ПБ 03-576–03".

Арматурный отсек смонтирован непосредственно на сосуде и снабжен дверцей с замком (рис. 1).

На панели в отсеке находятся: манометр, заправочная горловина с заправочным и дренажным штуцерами.

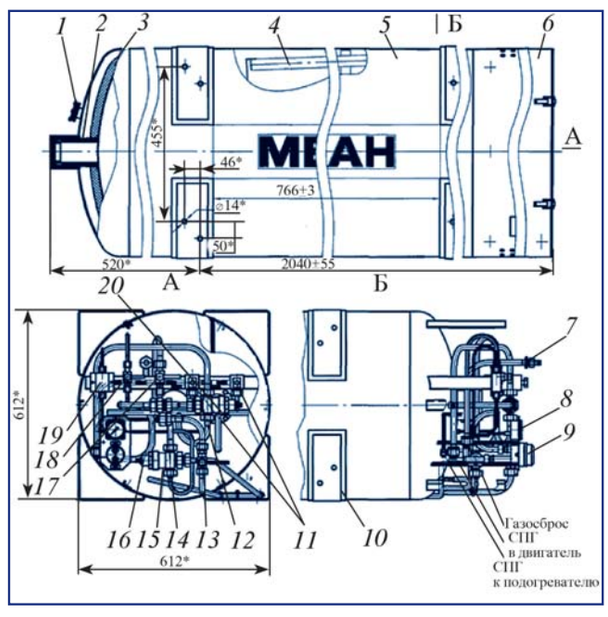


Рис. 1. *Сосуд с арматурой КВ 1560.02.000:*
1 – вакуумный клапан; *2* – опора; *3* – вакуумно-многослойная изоляция; *4* – ловушка; *5* – кожух; *6* – арматурный отсек; *7*, *14* – штуцеры; *8* – манометр; *9* – горловина заправочная; *10* – кронштейн; *11* – клапан предохранительный; *12*, *15* – регуляторы давления; *13*, *17*, *18* – шаровые краны; *16* – скоростной клапан; *19* – уровнемер; *20* – мембрана

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:01

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Таблица 2

Параметры	БКТ-100	БКТ-300	БКТ-300/1,0
Вместимость	110	325	325
Количество СПГ, заливаемого в бак, л (эквивалентный объем газа, нм^3)	100 (60)	290 (175)	290 (175)
Вид теплоизоляции	Экранно-вакуумная		
Максимальное рабочее давление, МПа	0,5	0,5	1,0
Время бездренажного хранения, сут. (в интервале давлений от 0,15 до 0,5 МПа для БКТ-100 и БКТ-300)	5	10	Более 13 сут.
Габаритные размеры сосуда, мм (длина × ширина × высота)	1250×500×480	1910×610×610	1910×610×610
Масса порожнего сосуда, кг	92	145	159
Применение на автомобилях, автобусах и тракторах	ГАЗ-3302 "Газель"; ЗИЛ-5301 "Бычок"; Трактор ММЗ-82	КамАЗ-53215 КАмАЗ-54115 КамАЗ-55111 Автобусы: НЕФАЗ-5299-21, ЛиАЗ-52556Г Трактор К-701 "Кировец"	

В арматурном отсеке находятся:

- скоростной клапан;
- два предохранительных клапана;
- уровнемер (модуль измерения дифференциального давления);
- два регулятора давления;
- шаровой дренажный кран;
- шаровой кран испарителя;
- шаровой кран подогревателя и слива.

Предохранительные клапаны настроены на давление открытия: 1,15 МПа (11,5 кгс/см^2) или 0,55 МПа (5,5 кгс/см^2).

При повышении давления в сосуде происходит сброс СПГ в дренажный трубопровод через предохранительные клапаны.

Бак криогенный топливный БКТ-300/1,0 изготавливается в двух исполнениях по расположению арматурного отсека (по торцу или вдоль обечайки цилиндра). Баки комплектуются теплообменником-подогревателем природного газа. Тепло для газификации и подогрева СПГ забирается из системы охлаждения двигателя.

Были созданы конструкции баков БКТ-300 с малыми 0,2...0,5 МПа и большими 0,3...1,0 МПа рабочими давлениями (табл. 2). При конструировании были использованы требования и рекомендации стандарта NFPA 57 (США), регламентирующего, в частности, время бездренажного хранения (не менее 72 ч), а также соответствующие ГОСТы России.

В первую очередь были проведены опытно-конструкторские работы по адаптации криогенного топливного бака БКТ-100 на малотоннажном грузовом автомобиле "Газель" (ГАЗ-3302). Была создана и испытана топливная система питания на СПГ.

Система питания (рис. 2) состоит из криогенного топливного бака БКТ-100, теплообменника-газификатора и необходимой арматуры. Газосмесительная аппаратура (на схеме не показана) создана фирмой НПФ "САГА". Регулятором давления РД1 регулируется подача в газификатор жид-

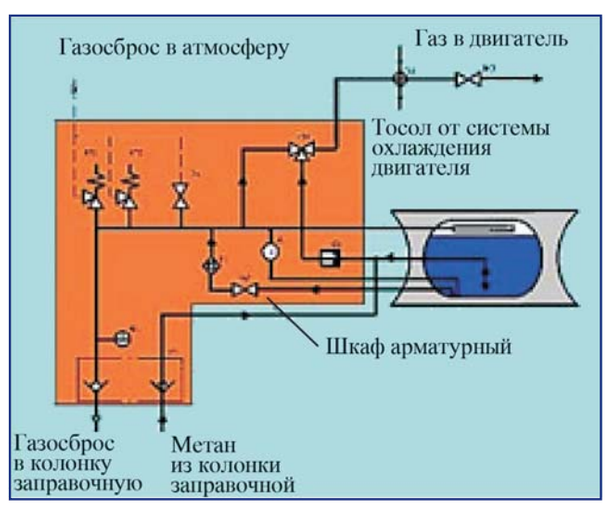


Рис. 2. *Схема системы питания*

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:04

Color profile: Disabled
Composite Default screen

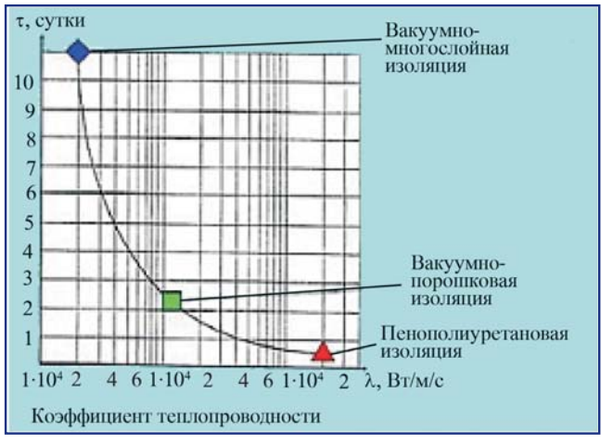


Рис. 3. Зависимость коэффициента теплопроводности от теплоизоляции

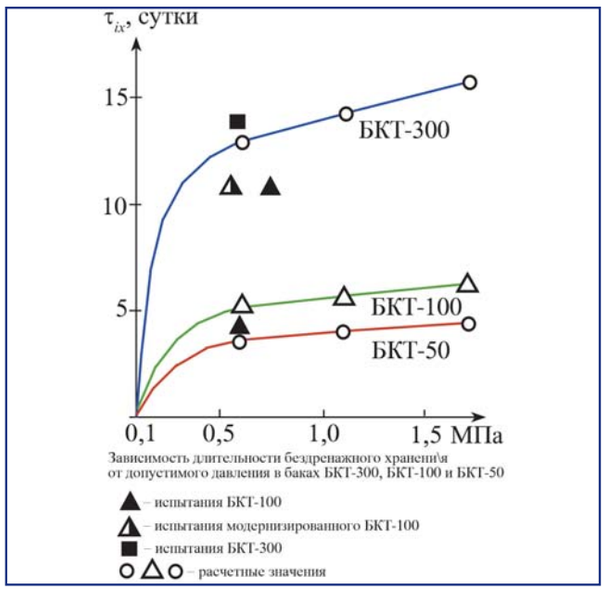


Рис. 4. Зависимость длительности бездренажного хранения от допустимого давления в баках БКТ-50, БКТ-100 и БКТ-300

Рис. 5. Баки БКТ-100 и БКТ-300

кого природного газа или газообразной фазы в зависимости от величины давления в баке.

В ходе работ были получены сертификаты на топливные криогенные баки и другие элементы топливной системы, были также проведены сертификационные испытания автомобиля, оснащенного этим оборудованием и работающего на СПГ, включая экологические и скоростные испытания и экспертизу безопасности. Был получен сертификат, разрешающий использование указанного оборудования на автомобиле ГАЗ-3302 и его модификациях. Проведены теплофизические испытания криогенных топливных баков. На рис. 3–5 показаны результаты расчетов и испытаний, а также внешний вид криогенных топливных баков БКТ-100 и БКТ-300 емкостью 100 и 300 л соответственно.

Полученные результаты подтверждают необходимость использования вакуумно-многослойной изоляции (ВМИ) для создания эффективной системы теплозащиты баков и иллюстрируют хорошее совпадение расчетных и экспериментальных значений длительности бездренажного хранения СПГ, составляющей 5–10 сут. для баков объемом 100...300 л.

Криогенный бак БКТ-300 предназначен для большегрузных автомобилей и автобусов высокого класса.

Таблица 3

Двигатель	ММЗ-245 без наддува с искровой системой зажигания
Рабочий объем, л	4,75
Степень сжатия	12,0
Мощность двигателя, л.с.	85
Система хранения, подачи и регазификации СПГ	Два криогенных топливных бака БКТ-100, заправочный узел и регазификатор-испаритель производства ОАО "НПО Гелиймаш"
Газосмесительная аппаратура	НПФ "САГА"
Блок управления шаговым двигателем с кислородным датчиком	ООО "РЕЗОЛГАЗ"
Нейтрализатор трехкомпонентный, каталитического типа	НАМИ
Расход топлива, $м^3$ на 100 км	23,0 на (городской цикл)
Запас хода, км	450...500
Экологический уровень	"Евро-2"

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:13

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Рис. 6. Грузовой автомобиль ГАЗ-3302 "Газель"

Рис. 7. Автомобиль-фургон на шасси ЗИЛ-5301

На рис. 6 показан опытный образец малотоннажного грузового автомобиля ГАЗ-3302 "Газель".

На рис. 7 представлен опытный образец грузового автомобиля ЗИЛ-5301 "Бычок" с конвертированным для работы на СПГ дизельным двигателем ММЗ-245 и установленными двумя баками БКТ-100. Автомобиль конвертирован в ЗАО "Автокомбинат № 41".

В настоящее время совместно с ООО "Уралтрансгаз" (Энергогазремонт), ОАО "КамАЗ" проводятся опытно-конструкторские работы по переводу основных моделей грузовых автомобилей КамАЗ на сжиженный природный газ. На рис. 8 представлен вариант размещения криогенного бака БКТ-300 на шасси автомобиля КамАЗ-54112. При размещении двух баков запас топлива достигает 580 л СПГ, или 350 нм^3. Дальность пробега автомобиля с газовым двигателем, использующим СПГ, по сравнению с автомобилем на КПГ, увеличивается с 350 до 890 км.

Не остались без внимания сельскохозяйственная и коммунальная техника, а также автобусы городского типа большой пассажировместимости. Совместно с ООО "ВНИИГАЗ" (отраслевым институтом ОАО "Газпром") проводятся лабораторные испытания на сжиженном природном газе двух опытных образцов тракторов МТЗ-82 "Беларусь" и К-701 "Кировец" (рис. 9) с установленными на борту БКТ-100 и БКТ-300 соответственно.

Для отработки технологии заправки и проведения эксплуатационных испытаний автомобилей, работающих на СПГ, а также разработки нормативной документации на ОАО "НПО Гелиймаш" изготовлен экспериментальный комплекс криогенной автозаправочной станции (КриоАЗС).

КриоАЗС состоит из установки ожижения ПГ производительностью 50 л/ч СПГ, емкости сборника (6500 л СПГ), двух заправочных колонок и операторной (рис. 10). Криогенная заправочная станция предназначена для сжижения природного газа, накопления и заправки сжиженным природным газом автомобилей и тракторной техники. КриоАЗС подключается к газопроводу низкого давления 0,2...0,6 МПа и устанавливается в непосредственной близости от места расположения автопредприятий. Ниже, в табл. 4 приведены техни-

Рис. 8. Размещение бака БКТ-300 на шасси автомобиля КамАЗ-54112

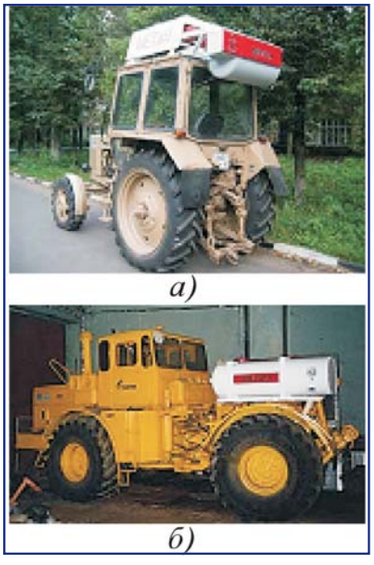


Рис. 9. Тракторы:
а – МТЗ-82 "Беларусь";
б – К-701 "Кировец"

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:20

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ческие характеристики и описание работы КриоАЗС, предназначенной для обслуживания колонны малотоннажных автомобилей типа "Газель" и "Бычок" в количестве 12–18 ед.

Особенности работы КриоАЗС

Горючий природный газ при давлении 0,25 МПа поступает на КриоАЗС по трубопроводу от газораспределительного пункта и попадает в компрессорное отделение, где сжимается до давления 20 МПа, очищается от масла и капельной влаги и подается в технологическое отделение. В технологическом отделении ПГ очищается от двуокиси углерода (CO_2) и паров воды, сжижается и при давлении 0,3 МПа по продуктовому трубопроводу с вакуумно-многослойной изоляцией подается в криогенную емкость, где накапливается и по команде оператора выдается под давлением 0,25 МПа по раздаточному трубопроводу с вакуумно-многослойной изоляцией через заправочные колонки в баки автомобилей.

Обратный поток ПГ при давлении 0,25 МПа возвращается из технологического отделения в компрессорное отделение. Отбросной поток при давлении 0,27 МПа подается из технологического отделения в компрессорное отделение. Пары из криогенной емкости в случае превышения давления в емкости выше 0,26 МПа сбрасываются по трубопроводу через компрессорное отделение на свечу. Сбросы паров от регуляторов давления, предохранительных клапанов и при продувках из компрессорного и технологического отделений, а также из криогенной емкости и заправочных колонок выводятся в магистральный трубопровод. Выхлопные газы газового двигателя приводящего компрессора поступают в трехкомпонентный каталитический нейтрализатор.

Рис. 10. Экспериментальный комплекс криогенной автозаправочной станции

Таблица 4

Параметр	Значение
Количество хранимого СПГ, кг (л), не более	2700 (6500)
Производительность КриоАЗС кг/ч (л/ч) при производительности компрессора 120 нм^3/ч	20±1 (47±2)
Давление ПГ на входе в КриоАЗС, МПа	0,25±0,2
Потребление ПГ из сети нм^3/ч, не более	60
Потребление электроэнергии – 380 В, 3ф, кВт, не более	35

Из блока управления главный оператор с помощью САУ контролирует работу и управление компрессорным и технологическим отделениями, криогенной емкостью, заправочными колонками.

КриоАЗС располагается на территории автопредприятия. Заправка автомобилей производится операторами с помощью пультов управления, расположенных в операторской и на заправочных колонках. Время заправки – не более 15 мин.

В настоящее время во многих государствах растет внимание к использованию в качестве моторного топлива природного газа как в компримированном виде, так и в сжиженном. Учитывая громадные мировые запасы природного газа (более чем на 100 лет), а также высокие экологические показатели ПГ, особенно для СПГ (из условий технологии производства, по сравнению с КПГ), можно утверждать, что сжиженный природный газ в ближайшем будущем явится своеобразным переходным энергоносителем от нефтяных топлив к водороду и восстановимым энергоресурсам.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Амамчян Р., Брагин А., Еремина Н., Попов О. и др.** Топливная система грузового автомобиля "Газель", работающего на природном газе // Автогазозаправочный комплекс +Альтернативное топливо. 2002. № 6. С. 48–50.

2. **Krakovskiy B., Martynov V., Popov O. et al.** Natural gas liguefer / Proc. of Int. Inst. of Refrigeration Conf. "The Eigth Cryogenics–2004". Praha: IR, 2004. P. 203–209.

3. **Брагин А., Краковский Б., Попов О., Удут В.** Малотоннажные установки сжижения и бортовые топливные системы СПГ для транспорта // Автогазозаправочный комплекс + Альтернативное топливо. 2004. № 6. С. 44–46.

4. **Брагин А., Краковский Б., Попов О., Удут В.** Комплексное решение проблемы перевода транспорта на СПГ // Технические газы. 2006. № 4. С. 64–68.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:21

Color profile: Disabled
Composite Default screen

СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА "НАУКА"

Мамедова Тарана Аслан кызы – канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник института Нефтехимических процессов НАН Азербайджана, Баку
e-mail: mamedova.tarana@rambler.ru

Баюкин Михаил Валерьевич – канд. техн. наук, заместитель директора по управлению проектами и информационным технологиям ЗАО "Научно-производственная фирма "ДИЭМ", 127349, Москва, Алтуфьевское ш., д. 78, кв. 563,
тел. +7-926-282-96-69, e-mail: bayukin@bk.ru

Нечеухин Кирилл Константинович – начальник отдела экологических системных разработок ЗАО "Научно-производственная фирма "ДИЭМ", 117437, Москва, ул. Профсоюзная д. 116 к. 2 кв. 36, тел. +7-916-243-42-24, e-mail: necheukhin@gmail.com

Третьяков Валентин Филиппович – зав. каф. ТНХС и ИЖТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова, д-р хим. наук, профессор

Талышинский Рашид Мусаевич – д-р хим. наук, ведущий научный сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева (РАН ИНХС), тел. (495)955-42-71,
e-mail: talyshinsky@list.ru

Илолов Ахмадшо Мамадшоевич – канд. хим. наук, науч. сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева, e-mail: ilolov@ips.ac.ru

Тшисвака Мутомбо – аспирант МИТХТ им. М.В. Ломоносова

Третьяков Кирилл Валентинович – канд. хим. наук, научный сотрудник ИНХС

Забористов, Валерий Николаевич – профессор, д-р техн. наук, начальник Центральной заводской лаборатории ОАО "Ефремовский завод синтетического каучука", профессор кафедры химии Тульского государственного университета, член-корр. РАЕН

Ряховский Валерий Сергеевич – первый зам. генерального директора, главный инженер ОАО "ЕЗСК"

Туракулова Анара Онаркуловна – канд. хим. наук, доцент, ст. научный сотрудник кафедры физической химии химического факультета МГУ

Мамедов Али Панах оглы – член НАНА, д-р физ.-хим. наук, профессор ИНХП НАНА, e-mail: aykara@inbox.ru

Наджафова Маиса Ашум кызы – д-р хим. наук, ИНХП НАНА

Джафарова Рена Алекпер кызы – д-р техн. наук, ст. научный сотрудник ИНХП НАНА (Институт нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамедалиева Национальной Академии Наук Азербайджана)

Салманова Чимназ Гафар кызы – д-р хим. наук, ИНХП НАНА

Ахмедбекова Саида Фуад гызы – канд. хим. наук, ст. научный сотрудник. ИНХП НАНА

Олег Попов – заместитель гендиректора ОАО "НПО Гелиймаш"

Александр Брагин – начальник сектора ОАО "НПО Гелиймаш"

Наталья Еремина – руководитель группы ОАО "НПО Гелиймаш"

Сергей Мильман – начальник лаборатории ОАО "НПО Гелиймаш", канд. техн. наук

Вадим Удут – генеральный директор, канд. хим. наук

Mamedova Tarana Aslan kyzy – senior research fellow of the Institute of Petrochemical Processes of ANAS, Baku, PhD Technical. Science

Bayukin Mikhail V. – PhD, Deputy Director of Project Management and IT JSC "Scientific and Production Company" DIEM", Moscow, Altufievskoe sh. 78-563, +7-926-282-96-69, e-mail: bayukin@bk.ru

Necheuhin Kirill K. – Head of Environmental Systems Engineering JSC "Scientific and Production Company DIEM", Moscow, Profsoyuznaya st. 116-2-36, +7-916-243-42-24, e-mail: necheukhin@gmail.com

Tretyakov Valentin Filippovich – doctor of chemical sciences, professor, head of the TNHS and IZHT Department, the MITHT after named M.V. Lomonosov

Talyshinsky Rashid Musaevich – doctor of chemical sciences, leading researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis

Ilolov Ahmadsho Mamadshoevich – Ph.D., researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis

Tshisvaka Mutombo – postgraduate student of the MITHT after named M.V. Lomonosov

Kirill Valentinovich Tretyakov – Ph.D., researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis

Zaboristov Valeriy Nikolaevich – professor, doctor of technical sciences, head of Central Laboratory of "Efremov Synthetic Rubber Plant", professor of chemistry department, The Tula State University, corresponding member of the Academy of Natural Sciences

Ryakhovsky Valery Sergeevich – first deputy. general manager, chief engineer, Organization: OJSC "EZSK"

Turakulova Anara Onarkulovna – Ph.D., associate professor, senior researcher, department of Physical Chemistry, Faculty of Chemistry, MSU

Mamedov Ali Panah oglu – member of ANAS, doctor of physical and chemical sciences, professor, IPP ANAS

Nadzhafova Maisa Ashum kyzy – doctor of chemical sciences, IPP ANAS

Dzhafarova Rena Alekper kyzy – doctor of technical sciences, senior researcher of the IPP ANAS (Institute of Petrochemical Processes. after named Academician Yu.G. Mammadaliyeva, Azerbaijan National Academy of Sciences)

Salmanova Chimnaz Gafar kyzy – doctor of chemical sciences, IPP ANAS

Ahmedbekova Saida Fouad gyzy – Ph.D., senior Scientist of the IPP ANAS

Oleg Popov – deputy general director of JSC "NPO Geliymash"

Alexander Bragin – Head of JSC "NPO Geliymash"

Natalia Eremina – head of JSC "NPO Geliymash"

Sergei Milman – chief of laboratory of JSC "NPO Geliymash" Candidate of Science

Vadim Udut – CEO, PhD. Technical Science

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:22

Color profile: Disabled
Composite Default screen

GasSUF-2012. Итоги

Дмитрий Ожегов, главный специалист по маркетингу направления ГБО ООО "РариТЭК"

10-я Международная газовая выставка технологий распределения и использования газа – GasSUF-2012 – прошла в Москве в Конгрессно-выставочном центре "Сокольники". На ней были представлены инновационные технологии и новейшее оборудование в таких направлениях, как производство, хранение, транспортировка сжиженного углеводородного, компримированного и сжиженного природного газа, биометана и водорода и их использование на транспорте в промышленности и коммунально-бытовом секторе.

"КамАЗ" и "РариТЭК" приняли участие в GasSUF–2012 и можно с полной уверенностью и без ложной скромности утверждать, что наибольший интерес со стороны посетителей и участников выставки вызвала экспозиция КамАЗ.

Вниманию посетителей стенда был представлен седельный тягач КамАЗ-65116-34 с криобаком на сжиженном природном газе (СПГ). Особенность данного автомобиля – наличие двух типов топливных баков. За кабиной вертикально хранится компримированный (сжатый) метан, а на раме – криобак со сжиженным природным газом. Два типа хранения необходимы в связи с недостаточным количеством заправок сжиженным метаном на территории нашей страны. Газ в криобаке хранится при температуре –168 °С, а его объем составляет 400 л, или 240 м^3 газа, что достаточно для пробега на расстояние до 600 км. Общий пробег на двух типах баков может составить до 1050 км. Тягач предназначен для работы в составе автопоездов с полуприцепами, выполняющими технологические перевозки длинномерных грузов, строительных материалов между предприятиями, расположенными в крупных городах.

Экспозицию посетили делегации организаций стран Аргентина, Белоруссия, Германия, Италия, Китай, Корея, Россия, Польша, Франция, Армения и Чеченской республики. Достигнуты договоренности подписания договоров поставки с Украиной, Новосибирской и Томской областями.

Мы предлагаем комплексное решение: изучим потребности клиента, изготовим и поставим, организуем инфраструктуру сервиса, обучим персонал предприятия и посодействуем в решении вопросов обеспечения заправочной автотехникой. Готовы осуществить поставку техники в лизинг через лизинговую компанию КамАЗ.

Презентация новых моделей коммунальной техники

Компания "РариТЭК" провела презентацию своей новой продукции, двух коммунальных ма-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:30

Color profile: Disabled
Composite Default screen

шин на базе шасси КамАЗ. Более 40 представителей городских и коммунальных предприятий России приняли участие в ней.

Первая из моделей – это дорожно-уборочная машина 3194А (пылесос) производства корпорации "АЭРОСАН" на базе дизельного шасси КамАЗ-53605.

Данный автомобиль предназначен для механизированной уборки городских дорог, улиц, автострад, площадей с асфальтным и цементобетонным покрытием с увлажнением подметаемой поверхности и поглощением пыли, а также вывоз и самосвальную выгрузку в местах свалки.

Следующий автомобиль – это мусоровоз с задней разгрузкой 8580А производства корпорации "АЭРОСАН" на газомоторном шасси КамАЗ-65115-30.

Мусоровоз предназначен для автоматизированной и ручной выгрузки (в кузов) твердых бытовых отходов из стандартных контейнеров емкостью 0,75 м^3 и 1,1 м^3 в кузов, уплотнения собранных отходов, транспортирования и механизированной разгрузки в местах утилизации.

По итогам презентации состоялись круглые столы с подписанием соглашений и протоколов о намерениях муниципальных предприятий различных городов приобрести данные современные коммунальные автомобили.

Комплексная программа КамАЗа в Волгоградской области

Совещание в правительстве Волгоградской области по вопросу разработки комплексной программы расширения использования компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива на автотранспорте состоялось при участии производителей газомоторных автомобилей с представителями власти и бизнеса Волгоградской области. В частности в нем приняли участие: председатель правительства Волгоградской области К. Храмов, заместители председателя правительства, министры сельского хозяйства, экономики, промышленности и торговли, топлива, заместитель главы администрации Волгограда, генеральный директор автобусного завода "Волжанин", генеральный директор "Газпромтрансгаз Волгоград". А со стороны компании "КамАЗ" – директор по продажам газобаллонных автомобилей ОАО "ТФК КамАЗ" Р. Зиатдинов и компании "РариТЭК" – ее генеральный директор Р. Батыршин.

По итогам переговоров министр транспорта Андрей Путин получил задание организовать рабочую группу, в основу работы которой был взят проект ОАО "КамАЗ".

В рамках государственной программы госсубсидирования на закупку автобусов, работающих на метане, между компаниями "КамАЗ", "РариТЭК" и "Волжанин" была достигнута договоренность о разработке газобаллонных автобусов большого класса на шасси КамАЗ. На сегодня в Волгоградской области существует заметная нужда в автобусах большого класса с высокими потребительскими качествами, а вопрос экологичности транспорта стоит на одном из первых мест.

Завершилось совещание в правительстве встречей с руководителем Волгоградской области С. Баженовым, по итогам которой губернатор высказал активную поддержку со стороны местной власти внедрению и использованию альтернативных видов топлива в Волгоградской области.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:34

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ВОДОРОД ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ
(Германия)

С. Порожняков, ООО "Газпром ВНИИГАЗ"

Германское отделение компании Air Liquide заявило о намерениях принять участие в строительстве на территории ФРГ водородных автомобильных заправочных станций (ВАЗС). В июне 2012 г. Федеральное министерство транспорта, строительства и городского развития Германии подписало соответствующие протоколы о намерениях с рядом компаний, включая компанию Air Liquide. В рамках программы Немецкая водородная автострада (German Hydrogen Highway) к 2015 г. в Германии должны быть построены не менее 50 ВАЗС, из них 10 станций будет строить компания Air Liquide, которая уже возвела в разных странах мира 59 таких объекта, в том числе четыре в Германии.

Рис. 1. *Серийный автобус на GH_2*

Германия уже имеет определенный опыт применения компримированного и сжиженного водорода на легковых автомобилях и автобусах. Одно время в аэропорту Мюнхена работала экспериментальная водородная автозаправка. Компримированным водородом (GH_2) заправляли рейсовые пассажирские автобусы, а сжиженным (LH_2) – легковые машины. Водород получали тут же методом электролиза воды. В эксперименте участвовали два десятка инжиниринговых, транспортных и финансовых компаний. Даже была вывешена стоимость водорода: в мае 2006 г. она составляла 0,33€ /нм^3 для компримированного и 0,55€ /л сжиженного. Понятно, что это была не коммерческая, а "исследовательская" цена.

Аналогичный производственно-заправочный комплекс был создан в Берлине. Заправку муниципальных автобусов осуществляют компримированным водородом (до рабочих давлений 350 или 700 атм.) и сжиженным водородом. Комплекс расположен на территории городского автобусного парка и в непосредственной близости от обычной многотопливной АЗС сети Total. Заправочные колонки расположены вне периметра автопарка, чтобы обеспечить свободный доступ всем желающим. Колонки стоят в пяти метрах от заправочного поста СУГ и в 10 м от колонок КПГ (0,97€ /кг – розничная цена декабря 2012 г.), бензина и дизельного топлива.

Рис. 2. *Экспериментальный автобус на LH_2*

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:37

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Министр энергетики США Стивен Чу

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА ДЛЯ ТРАНСПОРТА (США)

Е. Пронин

1 августа 2012 г. Национальный нефтяной совет США выпустил в свет Доклад "Развитие технологий для будущего транспорта Америки" (Advancing Technology for America's Transportation Future). В течение двух лет эксперты изучали потенциал различных альтернатив дизельному топливу и бензину на автомобильном транспорте. В подготовке доклада приняли участие более 300 экспертов от промышленности, государственных учреждений, научных организаций. Среди главных альтернатив нефтяному топливу рассматривались природный газ, биотопливо, электричество, водород. Эксперты также рассмотрели перспективы развития силовых схем, которые могут появиться в ближайшие десятилетия.

В докладе определено, что в США сложились все предпосылки для расширения использования метана в качестве моторного топлива. Для этого необходимо развивать заправочную инфраструктуру, организовывать "Голубые коридоры" и строить многотопливные автомобили.

Изучив доклад, Министр энергетики США Стивен Чу поручил ускорить работу по сокращению на 50 % к 2050 г. выбросов пассажирским и грузовым транспортом парниковых газов относительно 2005 г. При этом он распорядился определить экономически оправданные пути достижения этой цели.

Министр Ситвен Чу в 2011 г. посещал Россию и высказывался за развитие и расширение российско-американского научно-технического сотрудничества. Одним из направлений такого сотрудничества может стать партнерство (лучше, если в рамках межправительственного соглашения) в широчайшем диапазоне проблем от производства до использования газовых видов моторного топлива на основе метана.

Применительно к газу Россия и Америка имеют во многом сходные мотивы и интересы. Это сходство позволяет совместно создавать автомобильную, железнодорожную, водную, воздушную транспортную технику нового класса экологичности и экономичности; энергоэффективную заправочную технику; сверхлегкое емкостное оборудование повышенной вместимости; перспективные криогенные системы для метана и водорода. Кроме того, представляется целесообразным совместная нормотворческая работа.

* * * * *

Сейчас в США существует ряд проектов, дающих надежду на внедрение в жизнь некоторых усовершенствований. Например, корпорации International Truck и Eaton занимаются исполнением пилотной программы разработки дизель-электрического грузовика. Это самая крупная на данный момент экспериментальная программа США предусматривает тестирование минимум 20 грузовиков, изготовленных International и снабженных интегрированным гибридным приводом, разработанным совместно этими компаниями.

www.gruzovikpress.ru

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:41

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Мэри Фоллин — губернатор штата Оклахома, республиканская партия

ЕДИНАЯ АМЕРИКА ЗА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ

Е. Пронин

Джон Хикенлупер — губернатор штата Колорадо, демократическая партия

17 августа 2012 г. Газета Washington Times опубликовала совместную статью губернатора штата Оклахома, республиканки Мэри Фоллин и губернатора штата Колорадо, демократа Джона Хикенлупера "Фоллин и Хикенкупер: природное партнерство за энергетическую независимость. Двухпартийные усилия за дешевое моторное топливо" www.washingtontimes.com.

Руководители регионов США выступают за массовое внедрение природного газа на американском транспорте бюджетной сферы. Мотивы предложения перечисляются уже не первый год: сокращение бюджетных затрат, сокращение вредных выбросов в атмосферу, снижение зависимости от импортной нефти, долгосрочное топливообеспечение. В лице этих двух губернских начальников обе основных партии США сошлись в едином мнении относительно использования газа в качестве моторного топлива.

По мнению губернаторов, Администрация Президента Обамы бездействует, и поэтому они, взяв инициативу в свои руки, объединились с 12 губернаторами других штатов США и подписали соглашение о совместном развитии парка газобаллонных автомобилей в бюджетной сфере.

Формирование команды единомышленников осуществлялось как по административным, так и по партийным каналам. Цели инициативы по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива следующие: создание рабочих мест, обеспечение энергетической безопасности, экологическая устойчивость, экономичное топливо. Единая цель 14 губернаторов: нарастить парк экономичных автомобилей в бюджетной сфере. Для этого они готовы содействовать количественному и географическому развитию газозаправочной инфраструктуры, а также расширению модельного ряда газовых машин заводского производства.

Соответствующие встречи были проведены с автопроизводителями (Chrysler, General Motors, Ford), владельцами АГНКС и газовиками. Первым практическим шагом должен стать коллективный заказ газовых автомобилей со стороны нескольких штатов. Губернаторы при этом просят автопроизводителей выпускать технику по приемлемым ценам. Совместный заказ нескольких штатов повысит привлекательность проекта для бизнеса. В ближайшее время должен быть принят национальный Стандарт экономии топлива в корпоративных автопредприятиях, который во многом определит конструкцию легковых и грузовых автомобилей на ближайшие годы.

Мэри Фоллин и Джона Хикенлупера пишут, что порою КПГ позволяет экономить до двух долларов на каждый галлон топлива. Транспортная компания RFTA, Колорадо, приняла решение о полном переходе на метан. Это позволит бюджету экономить на топливе до 650 тыс. долл. в год.

В Оклахоме для бюджетного автобусного парка закуплено 600 газовых автобусов, что дает ежегодную экономию затрат на дизельное топливо в один миллион долларов. Общий парк бюджетного автомобильного транспорта в Колорадо и Оклахоме составляет 20 тысяч единиц. Многие из этих машин подлежат замене. Все вместе 14 штатов могли бы выступить с очень привлекательным заказом для автомобильной промышленности.

Лейтмотивом метановой кампании единой Америки можно считать следующее: партнерство за американское чистое газовое топливо на американских автомобилях для надежного и экономичного топливного обеспечения Америки.

МЕТАНинфо, Национальная газомоторная ассоциация (НГА)

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:43

Color profile: Disabled
Composite Default screen

OPEL INSIGNIA ПЕРЕШЕЛ НА СЖИЖЕННЫЙ ГАЗ

Германская компания анонсировала начало продаж в Европе новой версии модели Insignia с двигателем, работающем на сжиженном газе и бензине.

Opel Insignia LPG ecoFLEX укомплектован 1,4-литровым мотором, который вне зависимости от типа топлива развивает 140 л.с. Силовая установка, работая на природном газе, в комбинированном цикле на 100 км пробега потребляет 7,6 л топлива и вырабатывает 124 г/км CO_2. Баллон с горючим объемом 42 л расположен в нише запасного колеса. Переход с одного вида топлива на другое происходит автоматически, но при желании водитель имеет возможность самостоятельно выбрать тип горючего простым нажатием кнопки на центральной консоли.

Полностью заправленного газового баллона хватает Opel Insignia LPG ecoFLEX на преодоление 500 км, использование бензина увеличивает его запас хода до 1700 км. В Германии модель доступна в трех кузовных модификациях – "седан", "хэтчбек" и "универсал". Стоимость Opel Insignia LPG ecoFLEX составляет 28 150 евро.

Opel

Следует отметить, что в следующем году Opel покажет рестайлинговый вариант автомобиля Insignia, прототип которого в эти дни проходит тесты на юге Европы.

Журнал "Колеса"

В 2015 ГОДУ TOYOTA ПРЕДЛОЖИТ АВТОМОБИЛИ НА ВОДОРОДЕ

В соответствии со стратегией Такеши Учиямада (Takeshi Uchiyamada), исполнительного вице-президента по планированию и передовым технологиям Toyota Motor, компания может начать производство автомобилей на водороде к 2015 г.

В интервью, которое он дал на Автосалоне в Детройте, Учиямада сказал, что к тому времени Toyota может иметь небольшое количество автомобилей на водородном топливе для тех стран, где имеются заправочные станции.

Он добавил, что при наличии заправок автомобили на водородных топливных элементах, как ожидается, будут дешевле, чем электрические транспортные средства, поскольку водородные элементы необходимы в меньшем количестве.

Такеши Учиямада отказался сообщить тип автомобилей, которые рассматриваются в качестве претендентов на модернизацию. Как известно, сейчас компания испытывает автомобиль на топливных элементах Toyota Highlander. По словам Toyota, кроссовер способен проехать 644 км без дозаправки.

Кроме того, Toyota ведет переговоры с рядом крупных городов по поводу создания необходимой инфраструктуры для автомобилей на топливных элементах.

Japancar.ru

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:47

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Алексей Миллер – председатель правления ОАО "Газпром"

"ГАЗПРОМ" ПЕРЕВЕДЕТ БЕЛОРУССКИЙ ТРАНСПОРТ НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО

Анастасия Сотникова

"Газпром" не сдается в своем желании расширить рынок сжиженного углеводородного газа. На этот раз с предложением производить автомобили на газомоторном топливе концерн обратился к Белоруссии. Эксперты считают белорусский рынок перспективным для российской компании.

На совещании сотрудников "Газпрома" и "Белтрансгаза", которое прошло в Корбине, глава газовой монополии Алексей Миллер предложил Белоруссии расширить парк автомобилей на газомоторном топливе. "Всегда газомоторное топливо стоит дешевле, чем соответствующие моторные топлива, сделанные из нефти. Это оценка объективной реальности. Самое главное, что это экология и совсем другие социальные стандарты", – сказал председатель правления монополии (цитата по Прайм). Отдельное внимание стороны уделят вопросам стимулирования использования газомоторного топлива на автотранспорте, говорится в сообщении "Газпрома".

Сейчас "Белтрансгаз", 100 % которого принадлежит российскому "Газпрому", эксплуатирует сеть из 26 стационарных автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) производственной мощностью 9 тыс. заправок в сутки, или 165 млн м^3 компримированного газа (КПГ) в год. Парк газобаллонных автомобилей Белоруссии насчитывает около 5 тыс. ед. В 2011 г. было реализовано 1,6 млн м^3 КПГ. Средняя загрузка сети АГНКС составила 13,1 %.

Уже много лет газовая монополия пытается расширить рынок сбыта газомоторного топлива внутри страны. В прошлом году она высказывала идею утвердить государственную программу по замещению природным газом бензинового топлива на транспорте. В нее должны войти новое законодательство по энергосбережению и федеральные целевые программы по использованию автогаза на строительном, сельскохозяйственном и муниципальном городском транспорте. Первым шагом должно стать принятие закона "Об использовании природного газа в качестве моторного топлива". Однако документ так и не был принят.

Российский парк автомобилей на природном газе составляет 86 тыс. шт., при том что всего в стране более 15 млн автомобилей, говорит аналитик "Тройки Диалог" Валерий Нестеров. Кроме того, действует 242 АГНКС, 207 из которых расположены в 58 регионах России и принадлежат "Газпрому". В российских масштабах такое количество станций – капля в море, а без развитой сети заправок рынок природного газа развить будет очень сложно.

По итогам 2011 . в стране в целях внедрения моторного топлива в эксплуатацию было использовано 362 млн м^3 газа, что на 17 млн м^3 больше, чем в 2010 г. Это значит, что примерно 0,1 % всего объема потребляемого газа в России идет на транспорт. Некоторые регионы проявили особую заинтересованность в проекте "Газпрома". Это Ставропольский и Краснодарский края, Свердловская, Челябинская, Ростовская, Тульская области и Башкирия. На них приходится 52 % суммарного объема потребления сжатого природного (компримированного) газа в России.

"Газомоторное топливо является перспективным рынком сбыта, но на данный момент у него есть серьезные ограничения, связанные с неразвитостью сети газовых заправок", – говорит Валерий Нестеров. По его словам, в России очень сложно развивать этот рынок из-за большой территории, Белоруссия в этом смысле представляет для "Газпрома" большой интерес.

РБК delly

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:49

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЙ АВТОМОБИЛЬ

Во время Второй мировой войны в Европе почти каждое транспортное средство было переоборудовано на использование дров в качестве топлива. Автомобили, работающие на древесном газу (также еще называемые **газогенераторные автомобили**), хоть и теряют свою элегантность во внешнем виде, но очень эффективны, по сравнению со своими бензиновыми собратьями в плане экологичности и могут равняться с электромобилями.

Рост цен на топливо приводит к возобновлению интереса к этой почти забытой технологии: во всем мире, десятки любителей разъезжают по улицам городов на своих самодельных газогенераторных автомобилях.

Процесс образования газогенераторного газа (синтез газа), при котором органический материал превращается в горючий газ, начинает происходить под воздействием тепла при температуре 1400 °С .

Первое использование древесины для образования горючего газа начинается с 1870 г., тогда его использовали для уличного освещения и приготовления пищи.

В 1920-х гг. немецкий инженер **Жорж Эмбер** разработал **генератор**, вырабатывающий древесный газ для мобильного использования. Получаемый газ очищался, немного охлаждался, а затем подавался в камеру сгорания двигателя автомобиля, при этом двигатель практически не нуждался в переделке.

С 1931 г. началось массовое производство генераторов Эмбера. В конце 1930-х гг. уже около 9000 транспортных средств использовали газогенераторы исключительно в Европе.

Вторая мировая война

Газогенераторные технологии стали обычным явлением во многих европейских странах во время Второй мировой войны, из-за ограничения и дефицита ископаемых и жидких видов топлива. В одной только Германии, к концу войны, около 500 000 автомобилей были дооборудованы газогенераторами для эксплуатации на древесном газу.

Было построено около 3000 "заправочных станций", где водители могли запастись дровами. Не только легковые автомобили, но и грузовые автомобили, автобусы, трактора, мотоциклы, корабли и поезда были оснащены газогенераторными установками. Даже некоторые танки были оборудованы газогенераторными установками, хотя для военных целей немцы производили жидкие синтетические топлива (сделанные из дерева или угля).

Газогенераторные гражданские автомобили времен Второй мировой войны

В 1942 г. (когда технология еще не достигла пика своей популярности), насчитывалось около 73 000 газогенераторных автомобилей в Швеции, во Франции 65 000, 10 000 в Дании, 9000 в Австрии и Норвегии и почти 8000 в Швейцарии. В Финляндии числилось 43 000 газогенераторных машин в 1944 г., из которых 30 000 были автобусы и грузовые автомобили, 7000 легковые автомобили, 4000 тракторов и 600 лодок.

Газогенераторные автомобили также появились в США и в Азии. В Австралии насчитывалось около 72 000 газогенераторных автомобилей. В общей слож-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:21:59

Color profile: Disabled
Composite Default screen

500 000 газогенераторных гражданских автомобилей к концу войны в Германии

ности более миллиона автомобилей, использующих древесный газ, находилось в эксплуатации во время Второй мировой войны.

После войны, когда бензин стал вновь доступен, газогенераторные технологии почти мгновенно канули в лету. В начале 1950-х гг. в Западной Германии осталось только около 20 000 газогенераторов.

Программа исследований в Швеции

Рост цен на топливо и глобальное потепление привели к возобновлению интереса к дровам, как к непосредственному топливу. Многие независимые инженеры по всему миру занялись переоборудованием стандартных автомобилей на использование древесного газа в качестве автомобильного топлива. Характерно, что большая часть этих современных газогенераторов разрабатывается в Скандинавии.

В 1957 г. правительство Швеции создало исследовательскую программу для подготовки к возможности быстрого перехода автомобилей на использование древесного газа в случае внезапной нехватки нефти. Швеция не имеет запасов нефти, но у нее есть огромные лесные массивы, которые могут использоваться в качестве топлива. Целью этого исследования была разработка улучшенной, стандартизированной установки, которая может быть адаптирована для использования на всех видах транспортных средств. Это исследование поддерживалось производителем автомобилей Volvo. В результате изучения работы автомобилей и тракторов на протяженности 100 000 км пробега, были получены большие теоретические знания и практический опыт.

Некоторые финские любители-инженеры использовали эти данные для дальнейшего развития технологии, например Юха Сипиля (на изображении внизу).

Газогенераторная установка, вырабатывающая древесный газ, выглядит как большой подогреватель воды. Эту установку можно разместить на прицепе (хотя это затрудняет парковку автомобиля), в багажнике автомобиля (занимает почти все багажное отделение) или на платформе в передней или задней части автомобиля (наиболее популярный вариант в Европе). На американских пикапах генератор помещается в кузове. Во время Второй мировой войны, некоторые автомобили были оснащены встроенным генератором, полностью скрытым от глаз.

Топливо для газогенератора

Топливо для газогенераторных автомобилей состоит из древесины или щепы. Древесный уголь также может быть использован, но это приводит к потере до 50 % энергии, содержащейся в оригинальной биомассе. С другой стороны, уголь содержит больше энергии за счет более высокой калорийности, так что спектр топлив может быть разнообразен. В принципе, любой органический материал может быть использован. Во время Второй мировой войны уголь и торф использовались, но лес был основным видом топлива.

Один из наиболее удачных газогенераторных автомобилей был построен в 2008 г. голландцем Джоном. Многие автомобили, оборудованные газогенераторами, имели громоздкую конструкцию и не очень привлекательный вид. Голландская Volvo 240 укомплектована современной газогенераторной системой из нержавеющей стали и имеет современный элегантный вид.

"Получить древесный газ не так уж трудно", – говорит Джон, намного труднее получить чистый древесный газ. У Джона есть много нареканий на автомобильные газогенераторные установки, так как производимый ими газ содержит много примесей.

Джон из Голландии твердо уверен, что газогенераторные установки, вырабатывающие древес-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:22:08

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Голландская Volvo 240

ный газ намного перспективнее использовать стационарно, например, для отопления помещения и для бытовых нужд, для производства электроэнергии, и для подобных производств. Газогенераторный автомобиль Volvo 240 рассчитан, прежде всего, для демонстрации возможностей газогенераторной технологии.

Возле автомобиля Джона и подобных газогенераторных автомобилей всегда собирается много восхищенного и заинтересованного народа. Тем не менее автомобильные газогенераторные установки для идеалистов и на время кризиса – считает Джон.

Технические возможности

Газогенераторная Volvo 240 достигает максимальной скорости 120 км/ч в час (75 миль/ч) и может поддерживать крейсерскую скорость 110 км/ч (68 миль/ч). "Топливный бак" может содержать 30 кг (66 фунтов) древесины, этого достаточно для примерно 100 км пробега (62 мили), что сравнимо с электромобилем.

Если заднее сидение загрузить мешками с древесиной, то дальность пробега увеличивается до 400 км (250 миль). Опять же, это сравнимо с электромобилем, если пространство для пассажира приносится в жертву для установки дополнительных батарей, как в случае с Tesla Roadster или электромобилем Mini Cooper. (В газогенераторе, дополнительно ко всему, периодически нужно брать мешок с древесиной из заднего сидения и высыпать в бак).

Прицепной газогенератор

Существует принципиально другой подход к переоборудованию автомобилей газогенераторными системами. Это способ размещения газгена на прицепе. Такой подход избрал Веса Микконен. Последняя его работа – это газогенераторный Lincoln Continental 1979 Mark V, большой тяжелый американский автомобиль класса купе. Lincoln потребляет 50 кг (110 фунтов) древесины на каждые 100 км пробега (62 мили) и является значительно менее экономным, чем Volvo Джона. Вес Микконен также переоборудовал Toyota, более экономичный автомобиль. Этот автомобиль потребляет всего 20 кг (44 фунтов) древесины при таком же пробеге. Однако прицеп остался почти таким же большим, как и сам автомобиль.

Оптимизация электромобилей может происходить за счет уменьшения размеров и облегчения общего веса. С двоюродными братьями газогенераторными автомобилями такой способ не подходит. Хотя со времен Второй мировой войны газогенераторные автомобили стали намного совершеннее. Автомобили военных времен могли проезжать 20–50 км на одной заправке, имели низкие динамические и скоростные характеристики.

"Передвигаться по миру при помощи пилы и топора", – под таким девизом голландец Джост Конин (Joost Conijn) на своем газогенераторном автомобиле с прицепом совершил двухмесячное путешествие по Европе, абсолютно не беспокоясь о заправочных станциях (которых он не видел в Румынии).

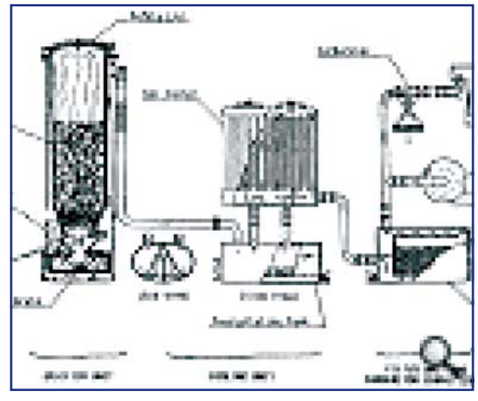
Хотя прицеп в данном автомобиле использовался для других целей, для хранения дополнительного запаса дров, благодаря чему увеличивалось расстояние между "заправками". Интересно то, что Джост использовал древесину не только в качестве топлива автомобиля, но и как строительный материал для самого автомобиля.

В 1990-х гг. водород рассматривали в качестве альтернативного топлива будущего. Затем большие надежды возлагались на биотопливо. Позже большое внимание привлекло развитие электрических технологий в автомобилестроении. Если и эта технология не получит дальнейшего продолжения (тому есть объективные предпосылки), тогда наше внимание вновь сможет переключиться на газогенераторные автомобили.

Несмотря на высокое развитие промышленных технологий, использование древесного газа в автомоби-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:22:17

Color profile: Disabled
Composite Default screen



Газогенераторный деревянный автомобиль Джоста Конина

лях представляет интерес с экологической точки зрения, по сравнению с другими альтернативными видами топлива. Газификация древесины несколько более эффективна, по сравнению с обычным сжиганием древесины, так как при обычном сжигании теряется до 25 % содержащейся энергии. При использовании газогенератора в автомобиле возрастает потребление энергии в 1,5 раза по сравнению с автомобилем, работающем на бензиновом топливе (включая потери на предварительный нагрев системы и увеличение веса самой машины). Если принять к сведению, что необходимая для нужд энергия транспортируется, а затем вырабатывается из нефти, то и газификация древесины остается эффективна по сравнению с бензином. Также следует учитывать, что древесина является возобновляемым источником энергии, а бензин – нет.

Опель Кадет, оснащенный газогенераторной установкой

Преимущества газогенераторных автомобилей

Самое главное преимущество газогенераторных автомобилей заключается в том, что в них используется возобновляемое топливо без какой-либо предварительной обработки. А на преобразование биомассы в жидкое топливо, такое как этанол или биодизель, может расходоваться энергии (в том числе и CO_2) больше, чем содержится в изначальном сырье. В газогенераторном автомобиле для производства топлива энергия не используется, за исключением порезки и рубки древесины.

Газогенераторный автомобиль не нуждается в мощных химических аккумуляторных батареях и это является преимуществом перед электромобилем. Химические аккумуляторы имеют свойство саморазряжаться и нужно не забывать их заряжать перед эксплуатацией. Устройства, вырабатывающие древесный газ, являются как бы натуральными аккумуляторами. Отсутствует необходимость в высокотехнологичной обработке отработавших и неисправных химических аккумуляторных батарей. Отходами работы газогенераторной установки является зола, которая может быть использована в качестве удобрения.

Правильно сконструированный автомобильный газогенератор значительно меньше засоряет воздушное пространство, чем бензиновый или дизельный автомобиль.

Газификация древесины значительно чище, чем непосредственное сжигание древесины: выбросы в атмосферу сопоставимы с выбросами при сжигании природного газа.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:22:39

Color profile: Disabled
Composite Default screen

Газогенераторный Volkswagen Beetle, выпускаемый на заводе

При эксплуатации электромобиль не засоряет атмосферу, но позже для зарядки аккумуляторов нужно приложить энергию, которая пока что добывается традиционным путем.

Недостатки газогенераторных автомобилей

Несмотря на многие преимущества в эксплуатации газогенераторных автомобилей, следует понимать, что это не самое оптимальное решение. Установка, производящая газ, занимает много места и весит несколько сотен килограммов – и весь этот "завод" приходится возить с собой и на себе. Газовое оборудование имеет большой размер из-за того, что древесный газ имеет низкую удельную энергию. Энергетическая ценность древесного газа составляет около 5,7 МДж/кг, по сравнению с 44 МДж/кг у бензина и 56 МДж/кг у природного газа.

При работе на газогенераторном газе не удается достигнуть скорости и ускорения, как на бензине. Так происходит потому, что древесный газ состоит примерно из 50 % азота, 20 % окиси углерода, 18 % водорода, 8 % двуокиси углерода и 4 % метана. Азот не поддерживает горение, а углеродные соединения снижают горение газа. Из-за высокого содержания азота двигатель получает меньше топлива, что приводит к снижению мощности на 30–50 %. Из-за медленного горения газа практически не используются высокие обороты, и снижаются динамические характеристики автомобиля.

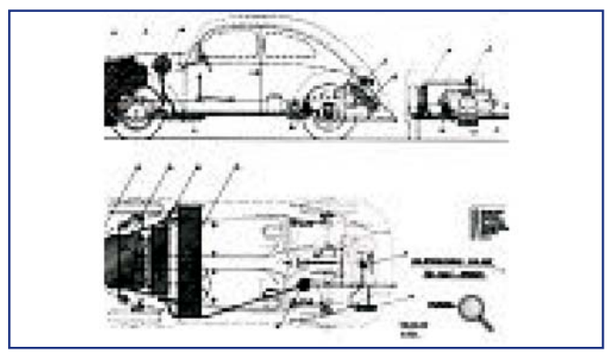
Автомобили с небольшим объемом двигателя тоже можно оборудовать генераторами древесного газа (например, на рисунке выше), но все же лучше оснащать газогенераторами большие автомобили с мощными двигателями. На маломощных двигателях, в некоторых ситуациях, наблюдается сильная нехватка мощности и динамики двигателя.

Сама газогенераторная установка может быть изготовлена и меньшего размера для небольшого автомобиля, но это уменьшение не будет пропорциональным размеру автомобиля. Были сконструированы газогенераторы и для мотоциклов, но их габаритные размеры сопоставимы с мотоциклетной коляской. Хотя этот размер значительно меньше, чем устройства для автобуса, грузовика, поезда или корабля.

Удобство использования газогенераторного автомобиля

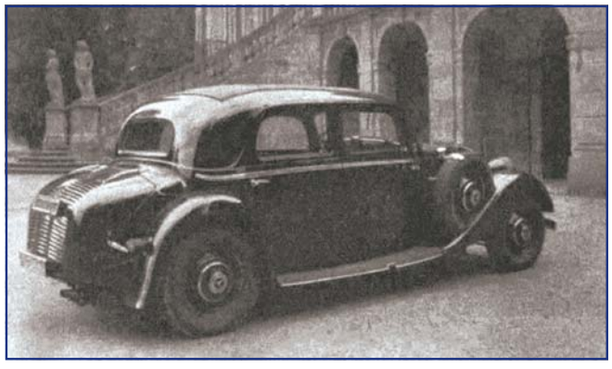
Еще одна известная проблема газогенераторных автомобилей заключается в том, что они не очень удобны в использовании (хотя и значительно улучшились по сравнению с технологиями, используемыми во время войны). Тем не менее, несмотря на улучшения, современному газогенератору требуется около 10 мин, чтобы выйти на рабочую температуру, поэтому не получится сесть в автомобиль и немедленно уехать.

Кроме того, перед каждой последующей заправкой необходимо извлечь лопаткой золу – отработку предыдущего горения. Образование смол уже не так проблематично, чем это было 70 лет назад, но и сейчас это очень ответственный момент, так как фильтры должны очищаться регулярно и качественно, что требует дополнительного частого обслуживания.



gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:22:45

Color profile: Disabled
Composite Default screen



Газогенераторный Mercedes-Benz 230, выпускаемый на заводе

В общем, газогенераторный автомобиль требует дополнительных хлопот, полностью отсутствующих в работе бензинового автомобиля.

Высокая концентрация смертельного угарного газа требует дополнительных мер предосторожности и контроля от возможной протечки в трубопроводе. Если установка находится в багажнике, то не следует экономить на датчике CO в салоне автомобиля. Нельзя запускать газогенераторную систему в помещении (гараже), так как при запуске и выходе на рабочий режим должно быть открытое пламя.

Массовое производство газогенераторных автомобилей

Все транспортные средства, описанные выше, построены инженерами-любителями. Можно предположить, если бы было решено выпускать газогенераторные автомобили профессионально в заводских условиях, то, скорее всего, многие недостатки были бы устранены, а преимуществ стало бы больше. Такие автомобили могли бы выглядеть более привлекательно.

Например, в автомобилях Volkswagen, выпускаемых в заводских условиях во время Второй мировой войны, весь газогенераторный механизм был скрыт под капотом. С передней стороны в капоте находился только люк для загрузки дров. Все остальные части установки не были видны.

На запуск и разогрев газогенератора нужно потратить минимум 10 минут времени

Еще один вариант газогенераторного автомобиля, выпускаемого в заводских условиях – Mercedes-Benz. Как видно на фотографии ниже, весь механизм газогенератора скрыт под капотом багажника.

Вырубка леса

К сожалению, увеличение использования древесного газа и биотоплива может привести к образованию новой проблемы. И массовое производство газогенераторных автомобилей может усугубить эту проблему. Если начать значительно увеличивать количество автомобилей, использующих древесный газ или биотопливо, то в таком же количестве начнут снижаться запасы деревьев, а сельскохозяйственные земли будут принесены в жертву для выращивания культур, перерабатываемых на биотопливо, а это может привести к образованию голода. Использование газогенераторной техники во Франции во время Второй мировой войны стало причиной резкого уменьшения лесных запасов. Так же и другие технологии производства биотоплива приводят к уменьшению выращивания полезных для человека растений.

Хотя, наличие газогенераторного автомобиля может привести к более умеренному его использованию:

– прогревать в течение 10 мин газогенератор или использовать велосипед для перемещения в магазин за продуктами – скорее всего, выбор будет сделан в пользу последнего;

– рубить в течение 3 ч дрова для поездки на пляж или воспользоваться поездом – вероятно, выбор будет в пользу последнего.

Как бы там ни было, газогенераторные автомобили не могут равняться с бензиновыми и дизельными автомобилями. Только глобальная нехватка нефти или очень большое удорожание ее сможет заставить нас пересесть на газогенераторный автомобиль.

По материалам: sintezgaz.org.ua

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:23:01

Color profile: Disabled
Composite Default screen

СПГ В СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

История "Газпром трансгаз Екатеринбург" – это история газификации Большого Урала, прочно связанная с историей освоения газовых месторождений Средней Азии, а позднее – севера Тюменской области. Еще можно добавить, что это история "сетевого" газа. "ГТЕ" сегодня эксплуатирует около 8500 км газопроводов и газопроводов-отводов, поставляет газ потребителям через 280 ГРС. Однако, несмотря на востребованность сетевого газа, Общество входит в число лидеров по освоению новых видов газомоторного топлива.

Первый шаг был сделан в 80-х гг. прошлого века, когда на Урале началось строительство АГНКС, появились автомобили, работающие на компримированном газе. Сегодня широкие перспективы открываются уже перед сжиженным природным газом, производство которого налажено на нашем предприятии. Однако в сфере производства и продаж СПГ имеется еще много нерешенных вопросов. Часть из них была затронута на семинаре, который прошел в Екатеринбурге с участием представителей "Газпрома", а также нидерландской компании "Gasunie". Основной темой стало изучение потенциала использования малых заводов СПГ.

Обращаясь к зарубежным гостям, генеральный директор ООО "ГТЕ" Давид Гайдт отметил, что вопросами производства и применения СПГ в Обществе занимаются уже около 10 лет:

– этот продукт в России сегодня недостаточно оценен, но у него большое будущее. Нам очень интересен опыт Голландии, особенности европейского подхода к техническим вопросам производства, хранения и транспортировки СПГ, вопросам ценообразования и продвижения СПГ на рынке. Я считаю, что на сегодняшнем технологическом уровне, учитывая перспективы рынка нефтепродуктов, альтернативы СПГ в ближайшем будущем просто нет.

По оценкам экспертов, доля СПГ в мировом энергетическом балансе постоянно увеличивается, в том числе растут объемы потребления сжиженного газа в России. Применение СПГ дает газовому рынку мобильность, которой так не хватает при использовании трубопроводного транспорта, и позволяет решать ряд специфических задач.

По словам Сергея Шикова, начальника техотдела "ГТЕ", в Обществе рассматриваются два основных варианта использования СПГ. Во-первых, это газоснабжение отдаленных поселков и отдельных потребителей, к которым экономически невыгодно тянуть газопровод. Причем сжиженный газ может выступать как в качестве основного топлива, так и резервного, заменив собой мазут. Во-вторых, у СПГ широкие перспективы в качестве моторного топлива для автотранспорта.

– У нас уже накоплен большой опыт обеспечения населения природным газом на время отключения газопроводов для проведения ремонтных работ, – сообщил Сергей Юрьевич.

– Выход на новый этап должна обеспечить реализация соглашений с администрациями Свердловской и Курганской областей. Уже обозначены конкретные населенные пункты, которые будут газифицированы исключительно с использованием СПГ.

Не секрет, что одним из важных факторов, снижающих популярность газомоторного топлива на транспорте, является недостаточное число АГНКС. Проблема в том, что построить новую АГНКС гораздо сложнее, чем обычную АЗС. Требуется куда больше различных согласований, и в результате АГНКС, как правило, строятся на самых окраинах городов, вдали от потенциального потребителя. Развитие рынка СПГ поможет решить эту проблему, ведь блок по хранению и регазификации СПГ можно установить практически где угодно.

– Нам не нужно строить свои заправки, чтобы продавать СПГ потребителям, – уверен Давид Гайдт. – Не нужно даже пытаться обогнать по количеству заправок "ЛУКОЙЛ" или другую компанию. Это нереально. Нужно, чтобы участники рынка сами захотели поставить на своих АЗС уста-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:23:05

Color profile: Disabled
Composite Default screen

новки по заправке машин природным газом. Это обойдется нам гораздо дешевле, чем строительство новых АЗС, и сделает газ более популярным среди автомобилистов. Наша задача – наладить производство и показать всем, насколько это выгодно и просто – использовать СПГ в качестве моторного топлива.

Технологической основой для распространения СПГ в России могут стать малотоннажные производственные комплексы. Производство, вынесенное поближе к потребителю, позволяет сократить расходы на транспортировку. В "Газпром трансгаз Екатеринбург" с 2002 г. эксплуатируется опытно-промышленная установка по сжижению газа на базе АГНКС города Первоуральска мощностью всего 0,5 т в час. Но даже этого объема хватает, чтобы решать множество различных задач. Теперь на помощь ей пришел комплекс по производству СПГ на ГРС-4 Екатеринбурга. Его производительность в шесть раз выше.

В Европе, по словам Пита Кахера, главного куратора проектов Gasunie, производственный сектор не очень развит. Малотоннажное производство СПГ существует либо в очень малых объемах, либо представлено в виде неких пилотных проектов, которые еще проходят обкатку. В основном Европа получает сжиженный газ морским путем из Северной Африки. Компания Gasunie как раз и владеет одним из крупнейших портовых терминалов Европы по приему и хранению СПГ. На терминале часть СПГ проходит регазификацию, но значительные объемы газа в сжиженном виде малыми судами и автотранспортом развозятся по странам Европы. Потребление газа в ЕС постоянно растет по причинам экономического и экологического характера.

Экологический фактор в первую очередь учитывается при выборе СПГ в качестве моторного топлива. В частности, планируется использовать СПГ для судов на Рейне и для паромов, пересекающих Вадденское море, являющееся заповедной зоной всемирного значения. Низкий уровень шума и выбросов твердых частиц в атмосферу учитывается при выборе СПГ в качестве топлива для автотранспорта. Впрочем, нужно отметить, что в Европе количество автомобилей полностью переоборудованных под использование СПГ, пока относительно невелико.

В ходе семинара прошло обсуждение широкого круга вопросов. В качестве итога можно сказать, что на данном этапе Россия не сильно отстает от Европы в части производства и продаж СПГ. В Европе доля СПГ в энергетическом балансе значительно выше, но это, по большей части, те сферы, которые в России "закрыты" сетевым газом. На пути распространения СПГ в качестве моторного топлива в наших странах стоят проблемы как инфраструктурного, так и юридического характера, но непреодолимых препятствий нет.

Что касается взаимоотношений между газовиками Нидерландов и Урала, Давид Гайдт заметил, что пока рано говорить о каких-то совместных проектах между нашими предприятиями. Основная цель этого семинара – знакомство с иностранными коллегами.

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛАСТЬ МОЖЕТ НАЧАТЬ ДОБЫЧУ СОБСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Одна из дочерних компаний "Газпрома" проводит разведывательные работы в Красноуфимском районе.

К концу года в регионе может быть запущена первая на Среднем Урале газодобывающая скважина. Об этом рассказал министр энергетики и ЖКХ Свердловской области Николай Смирнов. В настоящее время одна из дочерних компаний "Газпрома" проводит разведывательные работы в Красноуфимском районе, где, по предварительным оценкам экспертов, есть запасы природного газа. В перспективе, собственные разработки смогут удовлетворить до 25 % областных потребностей в топливе. Предполагается, что уже в конце декабря 2012 г. – начале января 2013 г. будет совершен пробный пуск, который позволит определить, сколько еще скважин необходимо будет построить, чтобы обеспечить регион природным газом, сообщает департамент информационной политики губернатора области.

Также министр отметил, что текущий год является знаковым для всей отрасли жилищно-коммунального хозяйства. Прежде всего, этому способствует соглашение о сотрудничестве между Сверд-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:23:06

Color profile: Disabled
Composite Default screen

ловской областью и "Газпромом", которое 13 марта в Москве подписали губернатор Александр Мишарин и председатель правления ОАО "Газпром" Алексей Миллер.

В рамках подписанного соглашения в области пройдет масштабная акция по строительству котельных на сжиженном газе. Пилотный проект был реализован правительством Свердловской области совсем недавно. 1 февраля этого года подан сжиженный природный газ на котельные в поселке Староуткинск. В настоящее время в области разрабатываются еще два проекта установки СПГ-котельных для Шалинского городского округа, где экономически нецелесообразно тянуть газовые магистрали. Как отметил Николай Смирнов, такой принцип поставки топлива, как использование сжиженного газа, не ударит по кошельку потребителей, так как цена для населения на него равняется цене топливного ресурса, доставляемого обычным сетевым путем.

Одним из важнейших направлений сотрудничества станет участие "Газпрома" в строительстве межпоселковых газопроводов. За счет одного областного бюджета процесс газификации занял бы очень большой промежуток времени. Поэтому строительством межпоселковых сетей займется "Газпром", а за счет средств региональной казны будут строиться внутрипоселковые газопроводы. Такой подход к решению проблемы существенно сократит сроки газификации сельских территорий. Кроме того, "Газпром" потом планирует взять на себя вопросы эксплуатации межпоселковых сетей.

Третье направление – строительство газозаправочных станций и перевод муниципального транспорта на газомоторное топливо. В это число войдут автобусы, сельскохозяйственная и коммунальная техника. В настоящее время определены проекты по переводу на газ автопарка крупных городов области и техники предприятия "Облкоммунэнерго". Сам перевод техники на новый вид моторного топлива – дело собственника транспорта. Финансовое обеспечение строительства системы автозаправочных станций возьмет на себя "Газпром".

Модернизация автопарка общественного и сельскохозяйственного транспорта решает одновременно две задачи. Она поспособствует улучшению экологической обстановки в регионе за счет уменьшения загазованности атмосферы, а также дает возможность снизить себестоимость проезда в общественном транспорте за счет удешевления используемого топлива. Также реализация программ по использованию природного газа в качестве моторного топлива для сельскохозяйственной техники понизит себестоимость продукции аграриев.

Николай Смирнов уточнил, что программа соглашения требует серьезных финансовых вливаний. К тому же тот объем работ, которые предполагается выполнить, невозможно реализовать за два–три года. Поэтому программа рассчитана до 2015 г. с перспективой на 2020 г. В ближайшее время в рамках соглашения будет подписан более подробный план мероприятий, где будет четко указано, какие проекты будут реализовываться в первую очередь, а какие – в более поздние сроки.

О СЖАТОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ НА ТРАНСПОРТЕ

На вопросы отвечают специалисты Stozhary

Какие транспортные средства можно переоборудовать на сжатый природный газ?

Практически любые.

Сейчас существуют решения с применением серийного оборудования практически для всех моделей отечественных и импортных автомобилей, сельскохозяйственной и спецтехники, в том числе и дизельных.

Единственным исключением являются бензиновые двигатели с непосредственным (прямым) впрыском топлива типа GDI, TCI и TFCI.

Каков коэффициент сжатия метана до 200 атмосфер? Почему в документах Вы пишите, что метан сжимается до 200 атмосфер с коэффициентом $K \approx 3{,}85$? Ведь, сжимая газ в 200 раз, мы получим из 1 кубометра (1000 литров) 5 литров? А по Вашим расчетам получается из кубометра 3,85 литра сжатого газа.

На самом деле и микро-УЗТС, и стационарные АГНКС сжимают природный газ не в 200 раз, а до 200 атмосфер, и сжатие газа происходит нелинейно. Те, кто уже ездит на природном газе, на опыте знают, что в 50-литровый баллон входит немногим более 13 кубометров КПГ.

Насколько безопасно использование метана в качестве моторного топлива?

Физико-химические свойства метана таковы:

нижний предел его самовоспламенения – 650 °С, в то время как у бензина он составляет 550 °С; пропан-бутановой смеси – 500 °С; дизельного топлива 320 °С. Метан почти в два раза легче воздуха и при утечке стремится вверх, достаточно быстро "растворяется" в атмосфере. Диапазон пожароопасных кон-

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:23:06

Color profile: Disabled
Composite Default screen

центраций пропан-бутановой смеси находится в пределах 1,8...8,6 %, а у метана – в пределах 4,0...15,0 % объема.

Насколько безопасно использование метана в качестве моторного топлива?

Физико-химические свойства метана таковы:

нижний предел его самовоспламенения – 650 °С, в то время как у бензина он составляет 550 °С; пропан-бутановой смеси – 500 °С; дизельного топлива 320 °С. Метан почти в два раза легче воздуха и при утечке стремится вверх, достаточно быстро "растворяется" в атмосфере. Диапазон пожароопасных концентраций пропан-бутановой смеси находится в пределах 1,8...8,6 %, а у метана – в пределах 4,0...15,0 % объема.

По расчетам американских ученых вероятность пожара автобуса на метане при заправке в закрытом помещении следующая: если 25 % пассажирских автобусов США, т.е. 13 750 ед. из 55 000 будут работать на компримированном природном газе, и каждый из них будет заправляться газом 300 раз в год, вероятность возгорания составит 1 раз в 35 лет – 74 года.

Приведем такой пример: в ночь на 6 июля 1990 г. в гараже автобусной компании "Сентрал незерлэнд транспорт компани" произошел пожар, уничтоживший 35 автобусов. Среди них два автобуса работали на природном газе. Автобусы были полностью заправлены до давления 200 атмосфер. Все баллоны остались целыми. Природный газ улетучился через предохранительные клапаны, оборудованные плавкой вставкой, либо через разрушенные огнем соединительные трубки и арматуру.

Газовые баллоны устанавливаются в наименее уязвимых и статистически реже повреждаемых местах автомобиля. Фирма BMW на основе фактических данных рассчитала, что вероятность разрушения корпуса автомобиля в зоне размещения баллонов составляет 1...5 %.

Американская газовая ассоциация (АГА) собрала статистику о 10 годах эксплуатации 2400 автомобилей, работающих на метане. За это время они имели суммарный пробег 280 млн километров и с ними произошло 1360 столкновений. В 180 случаях удар приходился в зону размещения баллонов высокого давления, но ни один баллон не был поврежден.

Что лучше – переоборудовать на газ старую технику или приобрести новую серийного производства?

Если новые автомобили с ГБО поступают с крупных заводов, то переоборудованием занимаются маленькие частные предприятия. "Заводчане" обвиняют "кооператоров" в использовании некачественных агрегатов и материалов, несоблюдении заводских норм, несогласованном вмешательстве в конструкцию автомобиля, использовании в работе "серых" и "черных" схем, отсутствии системы технической поддержки и сервиса, компрометации марки и имиджа автомобильной компании.

"Кооператоры" упрекают "заводчан" в неповоротливости, излишней зарегламентированности, попытках монополизировать рынок услуг и даже в некачественном изготовлении целых партий газобаллонных автомобилей, которые позже приходилось отзывать.

Обе группы по-своему правы. Однако в России сегодня вообще не осталось бы автомобилей на природном газе, если бы все зависело только от автомобильных заводов. Справедливо также и то, что современный газовый двигатель (с электронно-управляемым распределенным впрыском, отвечающий нормам токсичности не ниже Евро-3) можно создать только в сотрудничестве с моторным заводом.

Дальнейшее наращивание парка газобаллонных автомобилей, очевидно, все больше и больше будет смещаться в сторону автомобилей заводского изготовления. В то же время для фирм, занимающихся переоборудованием, определенная ниша рынка неизбежно сохранится. Они кроме того, могут взять на себя функции дилеров автомобильных заводов и их авторизованных центров по гарантийному и постгарантийному обслуживанию ГБА.

Какие автотранспортные средства с ГБО сейчас выпускает промышленность?

Сегодня 50 автомобильных компаний мира продают более 150 модификаций автомобилей, работающих на природном газе. Среди них такие мировые лидеры, как Ауди, БМВ, Вольво, Даймлер Крайслер, Дженерал моторс, Камминс, МАН, Нисан, Рено, Ситроен, Тойота, Фиат, Фольксваген, Форд, Хонда.

В России сейчас налажен выпуск только следующих моделей

на КПГ:

– грузовые автомобили на шасси КамАЗ-52315 с газовым двигателем КамАЗ, производство ОАО "КамАЗ";

– городские автобусы повышенной вместимости НефАЗ-5299-14 с газовым двигателем КамАЗ, производство ОАО "НефАЗ";

– городской/пригородный автобус большого класса с газовым двигателем Камминс, производство ООО "Ликинский автобус";

– городской автобус "Скания Омни Линк" с двигателем Scania, производство ООО "Скания-Питер".

В августе 2007 г. "АВТОВАЗ" представил на "Интеравто" новую LADA PRIORA CNG, которая в большинстве своем предназначена для выпуска на экспорт. Автомобиль оснащен четырьмя композитными баллонами с общим запасом хода 330 км.

Выпуск LADA PRIORA CNG с конвейера начнется в 2012 г;

на СУГ налажен выпуск в ОАО "ГАЗ", ОАО "УАЗ", ОАО "ПАЗ", ОАО "НефАЗ" легковых автомобилей и автобусов.

gaz8.12(1-48).ps
agzk8.12(1-48)
23 Œ Æ 2012 *. 15:23:06