

СОДЕРЖАНИЕ

Третьяков В.Ф., Тальшинский Р.М., Илолов А.М., Третьяков К.В., Матышак В.А., Французова Н.А., Тишсака Мутомбо
 Теоретические основы разработки каталитического получения дивинила из биоэтанола 3

Наджафов М.А., Мамедов А.П., Джафарова Р.А., Салманова Ч.К., Ахмедбекова С.Ф.
 Фотохромные превращения метилперинафтенных радикалов в нефтяных люминесцентных концентратах 7

Ерохов В.И.
 Система питания газобаллонного автомобиля на сжатом природном газе 9

Аскерова Х.Г., Алиева Р.В., Азизов А.Н., Бекташи Н.Р., Кулиев А.Д.
 Молекулярные характеристики олигоалкилнафтенных масел, полученных олигомеризацией C₈-C₁₂ α-олефинов в присутствии (Ti-содержащих) ионно-жидкостных каталитических систем 22

Лакеев А., Рафикович Е., Цветков И.
 Коммерческий учет СУГ с нормированной погрешностью 27

Давыдова С.Л.
 Особые случаи загрязнения окружающей среды 35

Краснов А.Е., Красников С.А., Костров А.В.
 Метод спектральной компьютерной калориметрии в системах контроля качества бензинов 39

Для поставки биометана в газотранспортные сети необходимо изменить законодательные нормы 45

В Белгородской области построят новые биогазовые станции 45

Белгородская область введет налоговые льготы для производителей "Зеленой" энергии 46

Первая промышленная биогазовая станция России начала перерабатывать свекловичный жом 47

В Ненецком автономном округе появятся ветроэлектростанции 47

Паужетская ГеоЭС испытала экспериментальную бинарную технологию 48

Роман Абрамович инвестирует в производство синтетического топлива в Великобритании 49

Зубкова Е.
 Станет ли Россия лидером возобновляемой энергетики? 49

Переработчики ПНГ получили первоочередной доступ к газотранспортной системе РФ 54

"Татнефть" доведет утилизацию попутного газа до 98 % 54

"Руснефть" повышает уровень утилизации ПНГ в Поволжье 55

Добыча метана из угольных пластов освобождается от уплаты НДС 55

Емкость ПХГ в г. Реден увеличена до 4,4 млрд м³ газа 55

"Газпром Германия" увеличит число газозаправочных станций до десяти 56

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 МАМИ, г. Москва) **О.Н. Румянцева** (ООО "Издательство Машиностроение") д.х.н. **Р.М. Тальшинский** (РАН ИХС, 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 пер., д. 4
 Тел. 8 (499) 268-41-77
 E-mail: info.agzk-at@mashin.ru
 mashpubl@mashin.ru
 www.mashin.ru

Подписано в печать 21.02.2013 г.
 Формат 60×88 1/8. Бумага мелованная.
 Усл. печ. л. 6,86.
 Отпечатано в ООО "Белый ветер", 115407, г. Москва, Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

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

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

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



CONTENTS

Tretjakov V. F., Talyshinsky P.M., Ilolov A.M., Tretjakov K.V., Matyshak V.A., Frantsuzova N.A., Tshisvaka Mutombo

Theoretical bases of development of catalytic receiving a divinil from bioethanol 3

Nadzhafov M.A., Mamedov A.P., Dzhaferova R.A., Salmanova CH.K., Akhmedbekova S.F.

Fotokhromnye of transformation of metilperinaftenovy radicals in oil luminescent concentrates 7

Yerokhov V.I.

Power supply system of the gas cylinder car on compressed natural gas 9

Askerova H.G., Aliyeva R.V., Azizov A.N., Bektasha N.R., Kuliev A.D.

Molecular characteristics of oligoalkylnaphthen oils obtained by oligomerization of C₈-C₁₂- α -olefins in the presence (Ti-containing) ionic-liquid catalytic systems 22

Lakeev A., Ravikovich E., Tsvetkov I.

The commercial accounting of SUG with a rated error 27

Davidov S.L.

Special cases of environmental pollution 35

Krasnov A.E., Krasnikov S.A., Kostrov A.V.

Method of a spectral computer kvalimetriya in monitoring systems of quality of gasolines 39

For supplying with biomethane in gas-transport networks it is necessary to change legislative norms 45

In the Belgorod area will build the new biogas stations 45

Belgorod region introduce tax privileges for producers "Green" energy 46

The first industrial biogas station of Russia began to process a sugar-beet bagasse 47

Wind Farms to be Erected in the Nenets Autonomous District 47

Experimental Binary Technology Successfully Tested at Pauzhetskaya GeoPP 48

Roman Abramovich is invest in the production of synthetic fuel in Great Britain 49

Zubkova E.

Will Russia become a leader in renewable energy? 49

Processors APG received priority access to the gas transportation system of the Russian Federation 54

"Tatneft" will bring the utilization of associated gas up to 98 % 54

"RussNef" raises the level of utilization of associated gas in the Volga region 55

Production of methane from coal fly journalists freed from payment of severance 55

Capacity of UGS in the city. Reden increased to 4.4 billion m³ of gas 55

"Gazprom Germany" will increase the number of filling stations up to ten 56

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. Kornushko – 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** (MSUME, 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 (Roskommnadzor), **Registration certificate PI N FS77–48491**

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

УДК: 546+620

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО ПОЛУЧЕНИЯ ДИВИНИЛА ИЗ БИОЭТАНОЛА

В.Ф. Третьяков, Р.М. Тальшинский, А.М. Илолов, К.В. Третьяков,
В.А. Матышак, Н.А. Французова, М. Тшисвака

Сформулированы основные пути интенсификации процесса получения дивинила из биоэтанола по методу С.В. Лебедева. Теоретические основы разработки процесса обеспечиваются научно обоснованным моделированием кинетики многомаршрутной реакции с привлечением методов спектрального анализа. Проведен термодинамический анализ селективности процесса.

Ключевые слова: дивинил, этанол, инициатор, катализатор, кинетическая модель, термодинамика.

THEORETICAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF CATALYTIC OBTAINING OF DIVINYL FROM BIOETHANOL

Tretyakov V.F., Talyshinsky R.M., Ilolov A.M., Tretyakov K.V., Frantsuzova N.A.,
Матышак В.А., Tshisvaka Mutombo

The basic ways of intensifying the obtaining of divinyl process from ethanol by the method of S. Lebedev is formulated. The theoretical basis for the development of the process are provided by evidence-based modeling of many-route reaction kinetics using the methods of spectrum analysis. A thermodynamic analysis of the selectivity of the process is performed.

Keywords: divinyl, ethanol, initiator, catalyst, kinetic model, thermodynamics.

Идея получения дивинила из этанола на алюмооксидной системе принадлежит В.Н. Ипатьеву (1926 г.).

С.В. Лебедевым в 1932 г. был предложен промышленный процесс получения дивинила из этанола с использованием ZnO/Al_2O_3 катализатора, полученного на базе глинозема. По мере увеличения добычи нефти в России и странах, входящих в состав СССР, количество дивинила, получаемого из бутан-бутиленовой фракции и выделенного в процессе пиролиза, стало основным источником. Несмотря на это, установки на базе спирта долгое время продолжали работать.

Возросший в последнее время интерес к альтернативным источникам побудил исследователей вернуться к промышленному процессу С.В. Лебедева, замороженному в середине 1980-х гг.

Тенденции снижения ресурсов нефти в начале нынешнего века позволяют предположить возрастание роли этанола и ряда других низших спиртов как источников альтернативного топлива и мономеров синтетического каучука. Теоретическими

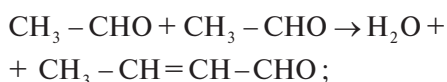
предпосылками для развития процесса С.В. Лебедева являются с одной стороны развитие критических технологий, а с другой – новые подходы к интенсификации процессов гетерогенного катализа. Интенсификация процессов может быть осуществлена путем модифицирования или создания нового катализатора, а также с применением различного рода индукторов или инициаторов процесса. Модифицирование катализатора прежде всего может быть произведено изменением формы носителя. Переход от α -формы к γ -форме оксида алюминия позволяет прогнозировать увеличение производительности катализатора из-за повышения его удельной поверхности. Повышение степени дисперсности активной массы дает возможность получать более высокую удельную активность катализатора. А введение в систему инициаторов, в зависимости от их природы позволяет модифицировать поверхность катализатора, блокировать образование кокса в ходе реакции и индуцировать с помощью химического сопряжения целевой маршрут процесса.

Классическое представление о механизме целевого превращения этанола в дивинил было дано в работах Горина:

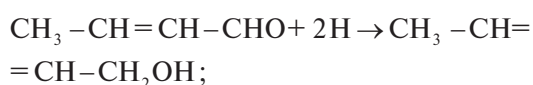
1) с образованием уксусного альдегида на дегидрирующем компоненте катализатора:



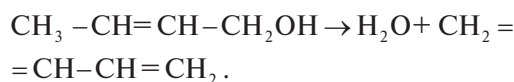
2) конденсацией уксусного альдегида и образованием кротонового альдегида:



3) восстановлением карбонильной группы кротонового альдегида водородом этилового спирта с образованием кротилового спирта:



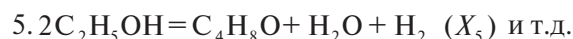
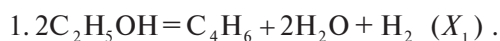
4) дегидратацией кротилового спирта с перегруппировкой двойных связей и образованием целевого продукта:



Приведенный механизм отражает только целевое превращение в процессе получения дивинила. Но для управления процессом в целом необходимо на основе итогового стехиометрического базиса итоговых маршрутов разработать кинетическую модель, отражающую в достаточно широком интервале варьирования параметров образование как целевого, так и всех побочных продуктов реакции.

Моделирование кинетики необходимо не только для идентификации наглядного стадийного механизма, но и для оптимизации реакторного дизайна, поскольку в стационарном слое катализатора имеет место определенный профиль температуры. Этот профиль необходимо учитывать при последующем математическом моделировании и выборе реактора оптимальной конструкции.

Стехиометрический базис итоговых маршрутов составляется исходя из фундаментальных представлений Гиббса. Минимальное число уравнений, необходимых и достаточных для решения материального баланса системы, равно разности между числом веществ и химических элементов, из которых они состоят:



Здесь X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – наблюдаемые доли ключевых компонентов в соответствующих фазах в пересчете на условные литры газообразного этанола (приведенные к н.у.): (X_1, X_2, X_3 – в газовой фазе), (X_4, X_5 – в жидкой органической фазе). Остальные реакции, связанные с образованием СО и других малозначимых компонентов, в расчете не приводятся. При составлении материального баланса они вводятся дополнительно с учетом хроматографических данных.

Отметим, что приведенный базис маршрутов не имеет отношения к механизму и кинетике процесса, а приведен лишь для удобства решения задачи материального баланса. Стехиометрический базис итоговых маршрутов представляется в виде параллельно-последовательных маршрутов.

Для сведения материального баланса в объемных единицах все объемы **ключевых веществ участников реакции** пересчитываются от литров образующихся продуктов (по данным хроматографии) **к литрам превращенного в них этанола**, с учетом стехиометрических коэффициентов.

При расчете конверсии этанола и выхода дивинила на пропущенный этанол за проход необходимо учитывать чистоту этанола сырца.

Для решения полного материального баланса мы рекомендуем строгий расчет хроматографических данных в процессе получения дивинила из этанола по ключевым компонентам, сумма которых определяется правилом Гиббса по разности между веществами участниками реакции и химическими элементами, из которых они состоят. В результате можно оперировать всеми веществами за исключением водорода и воды, концентрации и объемы которых рассчитываются по выбранным ключевым веществам исходя из стехиометрии реакций.

Расчет производится с учетом изменения числа молей по итоговым реакциям материального баланса. В органической части моль бутаналя образуется из двух молей этанола (поэтому коррекция идет с добавлением одного моля бутаналя $V_{org}(1 + X_5)$). А в газовой части аналогично необходимо учесть дивинил и бутилены, образующиеся также из двух молей этанола.

Обсудим вопрос оптимального профиля температуры и его зависимость от использования инициатора. Температурное поле зависит от соотношений стадий радикально-цепного инициирования процесса с помощью пероксида водорода и продолжения стадийного процесса на поверхности гетерогенного катализатора. Изотермический режим достигается при определенных условиях (линейная скорость потока, температура, расположе-

ние реактора относительно печи). В обычных условиях без применения инициирования температурный градиент по длине слоя составляет $\pm 15^\circ\text{C}$. С применением ПВ-1 градиент сокращается до $\pm 1^\circ\text{C}$ и менее того в зависимости от линейной скорости потока. Идеальный изотермический режим по длине слоя осуществляется при объемной скорости $> 3,6 \text{ ч}^{-1}$.

Оптимальная температура гетерогенного катализа превращения этанола в дивинил, как установлено классическими экспериментами и нашими работами, составляет 700 К. Среди побочных маршрутов процесса доминируют реакции образования этилена и бутиленов [2]. В предположении равного ускорения всех трех направлений превращения этанола, указанного в табл. 1, 2, 3, иллюстрирующих их термодинамику [3].

При 700 К превращение 1 кмоль этанола, выраженного в литрах, составляет:

Маршрут первый – 115 л дивинила

Маршрут второй – 115 л этилена

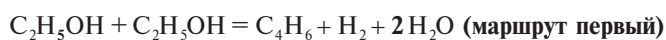
Маршрут третий – 57 л бутиленов

Отсюда, вводя понятие "термодинамическая селективность", можно получить прогнозируемую селективность процесса образования дивинила:

$$100 \cdot 115 / (115 + 115 + 57) = 40 \%$$

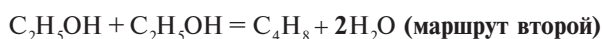
Теоретический выход (на разложенный этанол) при условии отсутствия побочных маршрутов, как известно, равен 58,7 % при полной конверсии этанола. Это значение достигалось бы при рециркуляции непрореагировавшего этанола (здесь в расче-

Таблица 1



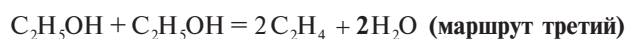
T (K)	ΔH (J)	ΔG_0 (F)	ΔVol (liter)	ΔS (J / K)	ΔC_p (J / K)	K _{eq}
400	162 384	57 284	65,6	262,8	51,015	$3,3 \times 10^{-8}$
500	167 180	30 443	82,0	273,5	45,975	$6,6 \times 10^{-4}$
600	171 754	2666	98,4	281,8	46,244	0,586
700	176 560	-25889	-114,9	289,2	50,474	85,4

Таблица 2



T (K)	ΔH (J)	ΔG_0 (F)	ΔVol (liter)	ΔS (J / K)	ΔC_p (J / K)	K _{eq}
373	-158 862	-196 099	30,6	99,7	41,296	$2,65 \times 10^{27}$
400	-157 770	-198 778	32,8	102,5	41,288	$9,06 \times 10^{25}$
500	-153 411	-209 522	41,0	112,2	47,245	$7,73 \times 10^{21}$
600	-148 103	-221 222	49,2	121,9	59,821	$1,81 \times 10^{19}$
700	-141 285	-233 924	57,4	132,3	77,264	$2,85 \times 10^{17}$

Таблица 3



T (K)	ΔH (J)	ΔG_0 (F)	ΔVol (liter)	ΔS (J / K)	ΔC_p (J / K)	K _{eq}
373	95 553	-2845	61,3	263,4	-0,869	2,5
400	95 511	-9824	65,6	263,3	-2,297	19,2
500	95 072	-36 115	82,1	262,4	-6,278	592,6
600	94 270	-62 283	98,5	260,9	-9,729	264 260
700	93 129	-88 289	114,9	259,1	-13,061	3 873 000

тах при первом приближении присутствует ацетальдегид (~5 %) как предшественник образования дивинила, в сумме с не превращенным за проход этанолом) в отсутствие образования побочных продуктов. Термодинамическая селективность образования побочных продуктов в рассматриваемом процессе равна соответственно:

$$58,7 - 40 = 17,8 \%$$

Именно этот селективный вклад этилена и бутиленов требуется подавить в каталитическом процессе для достижения максимально возможного получения дивинила.

Отметим, что наряду с этиленом, бутиленами и ацетальдегидом, в реальном процессе образуется в ощутимых количествах и диэтиловый эфир, который, как и ацетальдегид, возвращается с рециркулирующим потоком этанола в процесс.

Если учесть вклад последовательного превращения этилена в бутилены, то будет ясно, что в термодинамическом отношении выход бутиленов будет еще выше. Однако в реальном каталитическом процессе механизм образования дивинила осуществляется через медленную стадию образования ацетальдегида. Остальные стадии – быстрые. Поэтому при подборе катализатора необходимо вводить ингредиенты, способствующие подавлению дегидратации этанола в этилен. В противном случае в сухом газе после конденсации будут накапливаться этилен и бутилены, что снизит селективность процесса образования дивинила.

Таким образом, развитие катализатора должно идти как по пути ускорения первого маршрута образования дивинила, так и по поиску механизмов блокирования превращения этанола в этилен и бутилены, во втором и третьем маршрутах их образования.

Судя по численным значениям констант равновесия и энергии Гиббса, при 700 К, для усиления целевого маршрута требуется энергетическое воздействие на смещение равновесия вправо, что может быть реализовано путем использования химического инициирования, например, путем введения в систему пероксида водорода.

Увеличение температуры с термодинамической точки зрения не снижает селективность по дивинилу, а снижение температуры снижает только конверсию этанола. Энтропийный фактор свидетельствует о термодинамическом преимуществе образования бутиленов, однако, из-за различия в изменении теплоемкости в маршрутах бутилены имеют тенденцию расщепляться в этилен, в ре-

зультате чего относительная термодинамическая селективность по этилену оказывается вдвое выше селективности по бутиленам:

$$S_{C_4H_8} = 5,9 \%$$

$$S_{C_2H_4} = 11,9 \%$$

$$S(C_4H_8 + C_2H_4) = 17,8 \%$$

Кинетические закономерности реакции С.В. Лебедева связаны со специфичностью действия катализаторов и инициаторов процесса.

В реальном производственном процессе селективность образования дивинила составляет 44...45 %, что говорит о каталитическом подавлении на ~5 пунктов селективности по побочным продуктам. Следует отметить, что попытки превзойти эти показатели катализатора С.В. Лебедева в течение полувека на практике пока не дали ощутимых результатов. Исключение оставляют лишь результаты японских исследователей [4] – на предложенных ими системах имеет место некоторое повышение селективности по дивинилу, однако, по результатам нашего опыта, процесс на данной системе осуществляется нестационарно с быстрым снижением активности и необходимостью проведения его короткими циклами реакция-регенерация. Некоторое повышение селективности образования дивинила (до 48...49 %), согласно нашим данным, достигается путем введения оксида калия (1...2 %) в катализатор С.В. Лебедева (оксидная цинк-алюминиевая система, 25 % ZnO + 75 % γ -Al₂O₃). Выход дивинила за проход существенно (на 15 % отн.) увеличивается при введении в реакционную систему, наряду с указанным катализатором, пероксида водорода, в количестве 1,0...1,5 %. В то же время следует отметить необходимость дальнейшей доработки технологии приготовления промотированного калием катализатора в направлении упрочнения его механической прочности с целью удлинения срока эксплуатации разрабатываемой композиции. Большое значение имеет выбор формы оксида алюминия. В зависимости от сочетания в нем псевдобемита, α и γ формы, а также от температуры предварительного прокаливания оксида алюминия, среды прокаливания и конечной температуры прокаливания перкурсор катализатор меняет каталитические свойства и прочность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лебедев С.В. // Журнал органической химии. 1931. 111. 698.
2. Горин Ю.А. // Журнал органической химии. 1946. 16. 283.
3. Online program <http://www.crct.polymtl.ca/fact>.
4. Niiyama H., Morii S., Echigoya E. Butadiene Formation from Ethanol over Silica-Magnesia Catalysts // Bull. Chem. Soc. of Japan. 1972. V. 45. P. 655–659.

ФОТОХРОМНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ МЕТИЛПЕРИНАФТЕНОВЫХ РАДИКАЛОВ В НЕФТЯНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ КОНЦЕНТРАТАХ

М.А. Наджафова, А.П. Мамедов, Р.А. Джафарова, Ч.К. Салманова, С.Ф. Ахмедбекова
Институт нефтехимических процессов им. Ю. Мамедалиева, г. Баку

Методом ЭПР изучены фото- и термические свойства метилперинафтенного радикала ($R_{мпн}$) в люминесцентных концентратах (ЛК), выделенных из тяжелого газойля каталитического крекинга (фр. > 400 °С). Исследованы кинетические закономерности генерации $R_{мпн}$, уменьшения их под действием облучения и восстановления [$R_{мпн}$] после прерывания возбуждающего света.

Ключевые слова: метилперинафтенные радикалы, фотооблучение, нефтяные люминесцентные концентраты.

FOTOCHROMIC TRANSFORMATION METILPERINAFTEN RADICALS IN OIL LUMINESCENT CONCENTRATES

M.A. Najafova, A.P. Mamedov, R.A. Jafarova, Ch.Q. Salmanova, S.F. Akhmedbekova
Azerbaijan NAS the Y.H. Mamedaliyev Institute of Petrochemical Processes, Baku

By EPR method were studied foto- and termal properties of metilperinaften radicals ($R_{мпн}$) in luminescent concentrates, ekstracted from catalytic cracking heavy qaz oil (fr. > 400 °С). Investigated regularities generation $R_{мпн}$ and decrease observed this radicals upon photoirradiation and reducing [$R_{мпн}$] under stopping photoaction.

Keywords: metilperinaften radicals, photoirradiation, oil luminescent concentrates.

Интенсивное использование современной цивилизацией нефти в качестве природного сырья привело к существенному сокращению ее запасов. Использование в нефтетехнологических процессах в основном легких видов неструктурированной нефти не вызывало необходимости анализа и регулирования внутреннего строения нефтяных систем.

Однако проблема углубления переработки тяжелой нефти, а также перспективы рационального использования высококипящих нефтепродуктов связана с продуктами вторичной переработки нефти, в частности, с продуктами каталитического крекинга, пиролиза и т.д., которые содержат в значительных количествах смолисто-асфальтеновые вещества (САВ), а также в некоторых случаях углеводородные $R_{мпн}$ радикалы.

Имеющиеся данные по применению ЭПР в нефтехимии в основном относились к исследованию комплексов ионов переходных металлов [1] и молекулам САВ [2, 3]. Первыми сообщениями об обнаружении методом ЭПР в нефтепродуктах перинафтенных радикалов были работы авторов [4, 5]. Анализ ЭПР-спектра радикалов перинафтена, являющихся весьма стабильными, допускающих их вакуумную перегонку [6], показал, что их спектр представляет собой семь групп линий, каждая из которых представляет собой квартет с биномиальным соотношением интенсивностей общей протяженностью спектра, равной 49 Гс.

Впервые об обнаружении в ЛК, выделенных из тяжелых нефтяных остатков (фр. > 400 °С полимерной нефти), термически генерируемых свободных радикалов углеводородного характера сообщалось в [7, 8]. Параметры спектра ЭПР свидетельствовали об индивидуальном характере наблюдаемого радикала, т.е. при имеющемся большом разнообразии органических веществ в нефти, за образование указанного радикала ответственен какой-либо один вид углеводорода. Обнаруженный радикал имеет многокомпонентную сверхтонкую структуру спектра ЭПР, однозначно интерпретированную авторами, как ЭПР-спектр радикала метилперинафтена.

Спектр ЭПР метилперинафтенного радикала также состоит из семи групп линий, но по шесть линий в каждой группе. Указанные особенности спектров ЭПР свидетельствовали о том, что в сверхтонких взаимодействиях в этих радикалах участвуют шесть и пять групп эквивалентных протонов. Малые величины констант СТВ (~46 Гс) указывали на ароматический характер наблюдаемого радикала [6], а количество участвующих во взаимодействии протонов – на его полициклический характер [9]. Таким образом, приведенные факты свидетельствовали об обоснованности отнесения наблюдаемого спектра ЭПР к радикалу метил-замещенного перинафтена.

Экспериментальная часть

Радикалы метилперинафтена достаточно долгоживучи, что позволяет изучение их фото- и термических

свойств проводить последовательным действием термического и фотовоздействий.

Методика проведения опытов, очистки нефтепродуктов от САВ, регистрация спектров ЭПР образующихся радикалов аналогична применявшейся ранее [7, 8, 10–13]. Спектры ЭПР регистрировались на радиоспектрометре РЭ-1306, оборудованном термостатированной приставкой, позволяющей нагревать образцы непосредственно в резонаторе радиоспектрометра.

Для фотооблучения образцов в качестве источника света применялся стандартный осветитель с лампой ДРШ-500. Применение кварцевой оптики и водяного фильтра позволило проводить облучение непосредственно в резонаторе спектрометра, что исключало дополнительный нагрев образца.

Результаты и обсуждение

Авторами [7, 8] было показано, что во фракциях выше 400 °С каталитического крекинга нефти, тщательно очищенных от САВ, начиная с 30 °С возникают $R_{\text{мн}}$ радикалы, концентрация которых с увеличением температуры носит экстремальный характер с максимумом при 140 °С. На восходящей ветви указанной зависимости в области температур 80...100 °С наблюдался перегиб, свидетельствующий об уменьшении скорости накопления данных радикалов. Показано, что одной из основных причин этой особенности накопления радикалов является воздействие на них квантов света, выделенных при нагреве образцов, аккумулировавших солнечную энергию.

В более высокомолекулярных ЛК, при получении которых трудно избавиться от примесей САВ, также обнаружены свободные радикалы, дающие многокомпонентный, хорошо разрешенный спектр ЭПР со сложной сверхтонкой структурой (СТС) уже без предварительного нагрева. Анализ ЭПР-спектров показал, что данный спектр принадлежит, по крайней мере, двум радикалам. Параметры СТС спектра практически не отличаются от параметров СТС спектра, обнаруженного ранее [8] и интерпретированного как радикал метилперинафтена, образованного за счет отрыва водорода от молекулы перинафтена, в котором происходит перераспределение двойных связей с образованием третичного углеродного атома в центре молекулы.

Было показано, что под действием кратковременного (6 мин) фотооблучения тонкоструктурная часть спектра практически исчезает и остается одиночная линия ЭПР, характерная для САВ. После прекращения действия возбуждающего света в течение 60 мин спектр ЭПР в значительной степени восстанавливается.

Воздействие фотооблучения на $R_{\text{мн}}$ радикалы указало на их высокую светочувствительность и на обратимый характер этого процесса.

С этой целью нами были проведены кинетические измерения концентрации радикалов $R_{\text{мн}}$ в зависимости от времени нагрева и фотооблучения.

На рис. 1 приведены кинетические кривые изменения относительной концентрации радикалов метилперинафтена в зависимости от времени нагрева и фотооблучения. Кривая 1 показывает рост концентрации радикалов в атмосфере кислорода при температуре 80 °С.

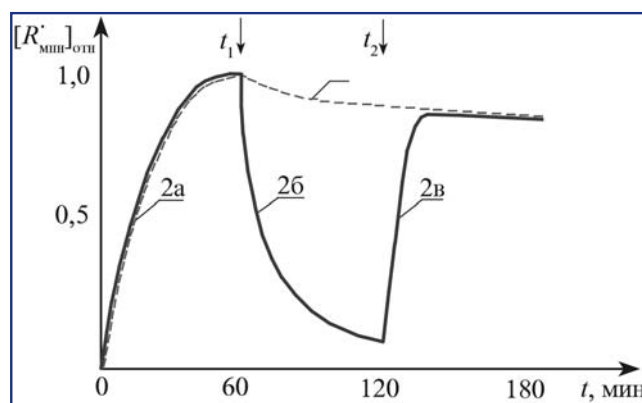


Рис. 1. Кинетические кривые генерации $R_{\text{мн}}$ в ЛК в зависимости от времени нагрева (кривая 1), фотооблучения (кривая 2, б) и после прекращения возбуждающего света (кривая 2, в)

Как видно из этой кривой, за стадией накопления радикалов наблюдается незначительный спад концентрации (в течение 2 ч).

При включении света в момент времени t_1 наблюдается резкое уменьшение концентрации радикалов (кривая 2, б), которая восстанавливается до первоначального положения после прекращения облучения в момент времени t_2 (кривая 2, в). Данный цикл – уменьшение при фотооблучении и восстановление концентрации радикалов после прекращения облучения неоднократно повторяется с одним и тем же образом до полного исчезновения радикалов. При этом скорость накопления радикалов после прекращения облучения (стадия 2, в) значительно превосходит первоначальную (стадия 2, а).

Анализ спектров ЭПР и кинетических кривых роста и гибели радикалов позволяет сделать определенные предположения о фоточувствительных свойствах углеводородного радикала. Эффект уменьшения концентрации $R_{\text{мн}}$ радикала, генерированного термическим путем и обнаруженного без прогрева в нефтяных ЛК при фотооблучении, может быть связан с рядом причин, одна из которых – возникновение под действием света свободных радикалов, способных рекомбинировать с радикалами метилперинафтена. Это, по всей вероятности, свободные радикалы алкильного и пероксидного происхождения, наличие которых было предположено в экспериментах по фототермолюминесценции [13].

Восстановление до первоначального состояния концентрации радикалов исследуемых образцов после фотооблучения (рис. 1 кривая 2, в) можно объяснить, если принять во внимание, что в пероксидах метилперинафтенного радикала из-за большого сродства ароматического фрагмента к электрону соотношение энергии разрыва связи $R_{\text{мн}}-O_2-R_{\text{мн}}$ ослабляется по сравнению с аналогичной связью других пероксидов. Оттягивание электронного облака связи димера $R-R$ метилперинафтенного радикала большим количеством сопряженных углеродных атомов приводит также к ослаблению и разрыву этой связи, как это наблюдается в гексафенилэтане и его производных [2]. По всей вероятности из-за указанных обстоятельств происходит разрыв связи

$R_{\text{мпн}}-O_2-R_{\text{мпн}}$ и $R_{\text{мпн}}-R_{\text{мпн}}$ с образованием $R_{\text{мпн}}$ и O_2 после прекращения действия возбуждающего света.

Таким образом, считаем, что при использовании нефтяных люминесцентных концентратов в различных нетрадиционных для нефтепродуктов областях науки и техники они, с одной стороны, могут подвергаться фототермическим воздействиям, с другой – тяжелые нефтяные остатки со значительным количеством асфальтеновых и метилперинафтеновых радикалов могут загрязнять и быть токсичными для окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Камьянов В.Ф., Аксенов В.С., Титов В.И. Гетероатомные компоненты нефти. Новосибирск: Наука, 1983. 32 с.
2. Унгер Ф.Г., Андреева Л.Н. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов. М.: Наука, 1995. 192 с.
3. Химия нефти. / Под ред. З.И. Сюняева. Л.: Химия, 1984. 282 с.
4. Sogo P.B., Nakazaki M. and Calvin M. Perinaftene Radical // J. Chem. Phys. 1957. V. 26. P. 1343.
5. Ferdinand G. Stehling and Kenneth. W. Bartz. Letter to the editor. Identification of Perinaftene Radical in Petroleum Product. / J. Chem. Phys. 1960. V. 35. P. 1076.

6. Клар Э. Полициклические углеводороды. М.: Химия, 1971. Т.1. С. 42.

7. Рустамов М.И., Мардухаев В.Р., Мамедов А.П. Термическая генерация свободных радикалов в высококипящих углеводородах нефти // Нефтехимия. 1987. Т. 27. № 4. С. 559.

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

9. Хигаси К., Баба Х., Рембаум А. Квантовая органическая химия. М.: Мир. 1967. С. 270.

10. Салманова Ч.К. Дисс. ... канд. хим. наук. Баку: ИНХП НАНА, 1990. 150 с.

11. Мамедов А.П., Наджафова М.А., Салманова Ч.К., Сулейманова М.Г. Фотосенсибилизированный нефтяным люминофором распад парафиновых углеводородов // Нефтехимия. 1996. Т. 36. № 2. С. 187.

12. Мамедов А.П., Наджафова М.А., Салманова Ч.К. и др. Фотохромные превращения метилперинафтильных радикалов в продуктах вторичной переработки нефти / Материалы IV Росс. конф. "Актуальные проблемы нефтехимии". Звенигород. 2012. С. 256.

13. Салманова Ч.К., Джафарова Р.А., Мусаев Дж.Дж. и др. Термолюминесценция фотооблученных нефтяных люминофоров приролистного происхождения // Химия Высоких Энергий. 2009. Т. 43. № 5. С. 465.

СИСТЕМА ПИТАНИЯ ГАЗОБАЛЛОННОГО АВТОМОБИЛЯ НА КОМПРИМИРОВАННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

В.И. Ерохов, профессор, Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки РФ

Приведены основные конструктивные и функциональные особенности системы питания современного газобаллонного автомобиля для работы на сжатом природном газе (КПГ). Изложены особенности конструкции и принцип действия системы питания и основных ее компонентов для работы на КПГ. Приведена оценка технической, социально-экономической и экологической эффективности системы питания на КПГ.

Ключевые слова: сжатый природный газ, система питания, одноступенчатый редуктор, впускной трубопровод, электромагнитный газовый клапан, электромагнитная форсунка, система управления, эффективность системы питания КПГ.

THE POWER SUPPLY SYSTEM OF LPG CARS ON COMPRESSED NATURAL GAS

V.I. Yerokhov, Professor of the Moscow State Engineering University (MAAMI), PhD, Honored Worker of Science

Are the basic structural and functional features of the power supply system of modern gas-cylinder car to run on compressed natural gas (CNG). Features of the design and operation of the power system and its major components to run on CNG. The assessment of the technical, social, economic and environmental efficiency of the supply of CNG.

Keywords: compressed natural gas, power supply, single reduction, intake manifold, solenoid gas valve, electromagnetic injector, the control system, the efficiency of the power supply system of the CNG.

В мировой практике производство газобаллонных автомобилей на автомобильных заводах является ведущей концепцией современной автомоби-

лизации. Важным направлением остается переоборудование эксплуатируемых базовых автомобилей в газобаллонные. Система впрыскивания га-

зового топлива, разработанная фирмой "VOLKSWAGEN", являющейся лидером электронных систем подачи газового топлива, в достаточной мере удовлетворяет современным топливно-энергетическим и экологическим требованиям. Привлечение к выпуску газовой аппаратуры предприятий с высоким уровнем технологий позволяет повысить технический уровень газовой аппаратуры, улучшить экологические показатели газобаллонных автомобилей и повысить безопасность их эксплуатации.

Московский государственный машиностроительный университет "МАМИ" является ведущим высшим учебным заведением в области подготовки специалистов применения газомоторного топлива на автомобильном транспорте. Университет располагает необходимыми учебно-методическим и лабораторно-производственным комплексами (переоборудование базовых автомобилей в газобаллонные), нормативно-технической и учебной литературой и укомплектован специалистами функционального уровня [1]. В МГМУ ("МАМИ") накоплен многолетний опыт подготовки отечественных и зарубежных специалистов в данной области. Университет располагает лицензией в области подготовки специалистов газомоторного комплекса.

В соответствии с двусторонним договором между МГМУ "МАМИ" и "VOLKSWAGEN Group Academy" в начале 2012 г. проведено обучение двух целевых групп в количестве 30 человек, являющихся шеф-тренерами и СТС-специалистами фирмы. Актуальность обучения специалистов обусловлена тем, что в ближайшее время отечественный рынок будет существенно пополнен газобаллонными автомобилями фирмы "VOLKSWAGEN", включая 4500 тыс. ГБА для обслуживания зимней Олимпиады 2014 г. в г. Сочи.

Целью данной работы является подготовка специалистов фирмы "VOLKSWAGEN Group Academy" для адаптации газобаллонных автомобилей нового поколения к российским условиям и успешной их эксплуатации на рынке России.

Согласно регламенту обучения проведены: инструктаж слушателей по технологическим процессам эксплуатации ГБА (с отметкой в журнале), прочитан теоретический курс, проведены практические занятия (включая диагностирование электронных систем), тестирование и экзамен по основным материалам курсов. Фирма "VOLKSWAGEN Group Academy" представила газобаллонные автомобили "Caddy" и "Touran" промышленного производства и программное обеспечение, учебно-методические материалы Service Training EcoFuel Touran и EcoFuel Caddy, используемые фирмой при обучении специалистов [2].

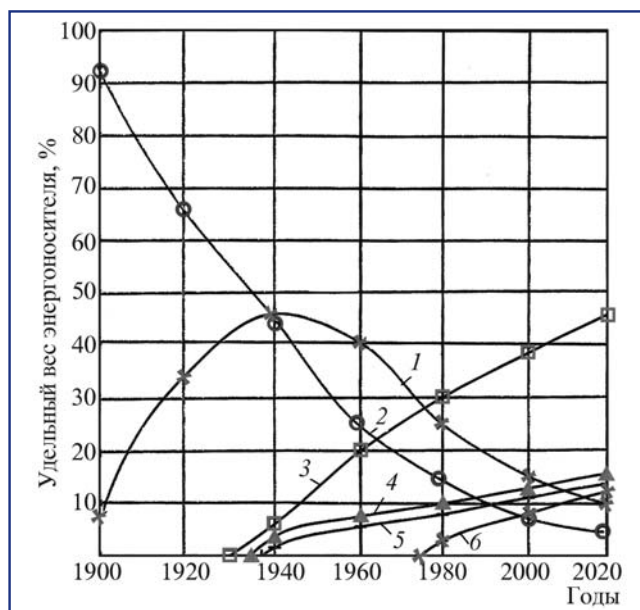


Рис. 1. Динамика структуры и баланса традиционного и перспективного топливно-энергетического комплекса страны:

- 1 — нефть; 2 — уголь; 3 — газ; 4 — ядерная энергетика; 5 — гидроэнергетика; 6 — альтернативные виды энергетики (солнечная, ветровая, приливы и отливы)

По окончании обучения специалистами университета проведена тестовая и экзаменационная проверка знаний слушателей по упомянутой тематике. Аттестованные специалисты получили право проводить обучение технического персонала в подразделениях фирмы "VOLKSWAGEN Group Academy". Методика обучения слушателей позволяет решать практические задачи при подготовке специалистов фирмы "VOLKSWAGEN Group Academy" на российском рынке. По окончании курсов слушателям вручены дипломы установленного образца.

Динамика структуры и баланса традиционного и перспективного топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны приведена на рис. 1.

Развитие топливно-энергетического комплекса РФ в течение длительного периода определялось соотношением потребления угля (кривая 2) и нефти (кривая 1). Начиная с 1940 г. активную роль в ТЭК получает газовое топливо (кривая 3). Важное место принадлежит ядерной энергетике (кривая 4) и гидроэнергетике (кривая 5). Альтернативная энергетика (солнечная, ветровая, приливы и отливы) получит дальнейшее развитие (кривая 6).

Наиболее перспективным энергоносителем в нашей стране на ближайшие десятилетия остается ПГ, способный эффективно заменить нефть и уголь на электростанциях, а также светлые нефтепродукты в транспортных двигателях и энергетических установках. Доля использования ПГ в со-

циально-бытовой сфере постоянно возрастает. ПГ является наиболее экономичным видом топлива из числа применяемых альтернативных заменителей на автомобильном транспорте. В ближайшей перспективе газовое топливо из альтернативного превратится в основной вид моторного топлива.

РФ по добыче и разведанным запасам занимает ведущее положение в мире. Разведанные запасы ПГ оценены 43 % от мирового потенциала. Реальным заменителем традиционного жидкого моторного топлива в ближайшем будущем станет сжатый природный газ (КПГ). Значительные запасы ПГ, высокие темпы его добычи и разветвленная сеть магистральных газопроводов открывают широкие возможности для использования КПГ в качестве моторного топлива. ПГ считают наиболее перспективным моторным топливом XXI века.

Мировой парк насчитывает свыше 800 млн единиц, из которых 15 млн ед. работают на КПГ. Автомобильный парк РФ насчитывает 86 тыс. ед., работающих на КПГ. По данным "Газпрома" в 2012 г. через российские автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС) было реализовано 361,1 млн м³ КПГ. На сегодняшний день в РФ действует 243 АГНКС. В Германии эксплуатируется 1000 АГНКС. Парк автомобилей в этой стране составляет 1 %, а в перспективе – 4 %.

Эффективность КПГ определяется содержанием в нем метана, изменяющегося в пределах 65...99 %. Содержание метана оказывает существенное влияние на эксплуатационные качества ГБА, нормирование расхода газа, экологические и социально-экономические показатели транспортных средств. Точный состав смеси ПГ зависит от места его добычи. Для процесса сгорания количественное соотношение метана приобретает значительную роль. Высокое содержание метана обеспечивает больший выход энергии транспортного средства. В зависимости от состава смеси ПГ предлагается в двух категориях качества: природный газ марки "High" и "Low". Содержание метана в ПГ категории "High" составляет от 87 до 99 %, а категории "Low" – от 80 до 87 %.

ПГ не имеет запаха. Малейшие утечки газа определяют путем его смешивания со специальными добавками, имеющими характерный запах.

Современная газобаллонная установка транспортного двигателя при работе на КПГ содержит комплекс необходимого специального оборудования и функциональных приборов.

Принципиальная схема системы подачи КПГ современных газобаллонных автомобилей "Caddy" и "Touran" приведена на рис. 2. Система питания содержит заправочное устройство 2, газовые баллоны 24–27, сообщенные между собой с помощью

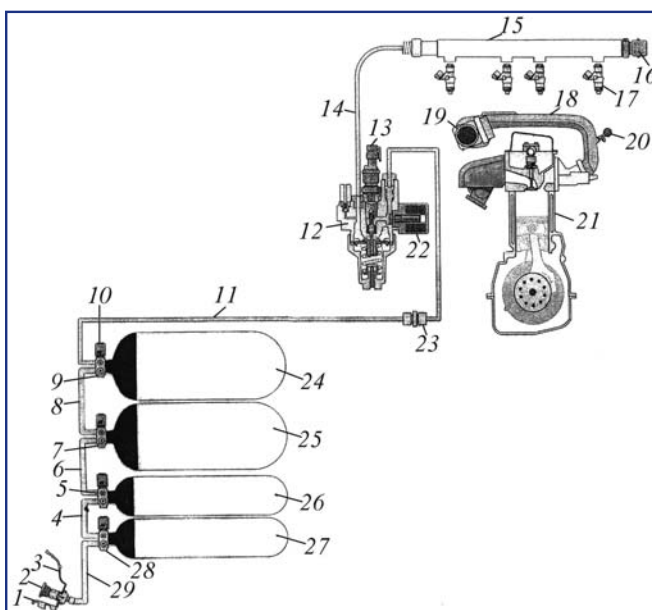


Рис. 2. Принципиальная схема системы подачи КПГ современного автомобиля:

1 – крепление заправочного устройства; 2 – заправочное устройство; 3 – гибкий шланг; 4, 6, 8 – трубопровод высокого давления; 5, 7, 9, 28 – запорный вентиль; 10 – электромагнитный клапан; 11 – магистральный трубопровод высокого давления; 12 – одноступенчатый редуктор; 13 – датчик давления газа в баллоне; 14 – соединительный гибкий шланг низкого давления; 15 – газовая распределительная магистраль; 16 – датчик распределительной магистрали; 17 – электромагнитные дозирующие клапаны; 18 – впускной трубопровод; 19 – расходомер воздуха; 20 – датчик давления; 21 – двигатель; 22 – магистральный электромагнитный клапан; 23 – соединительная муфта; 24–27 – газовые баллоны; 29 – заправочный трубопровод высокого давления

трубопроводов 4, 6 и 8 высокого давления, магистральный трубопровод 11 высокого давления, газовую распределительную магистраль 15, снабженную датчиком давления 16 и электромагнитными дозирующими клапанами 17 и сообщенную через гибкий шланг 14 с одноступенчатым редуктором 12 (регулятором давления газа).

Двигатель 21 снабжен впускным трубопроводом 18 с дроссельным патрубком 19, а также датчиком 20 давления воздуха.

Заправочное устройство 2 содержит встроенный металлический фильтр, заглушку, размещенную на гибком шланге 3 и обратный клапан, предотвращающий обратный поток газа при негерметичной системе, и устройство крепления 1. Устройство газовой и бензиновой систем питания расположены под одним общим лючком. Заправочное устройство 2 автомобиля "Touran" расположено на правой стороне, а у автомобиля "Caddy" – на левой стороне.

Газобаллонная установка автомобиля "Touran" содержит четыре газовых баллона общим объемом 115 л. Баллоны размещены в двух поддонах под днищем автомобиля. Поддоны снабжены пластмассовым покрытием. В автомобиле "Touran" оба поддона (для газовых баллонов и аварийного бензинового бака), имеющие форму ванны, изготовлены из листовой стали. Газовые баллоны имеют разную вместимость и размеры, позволяющие максимальное использование свободного пространства.

В переднем поддоне перед задней осью расположены два больших газовых баллона 24 и 25 вместимостью 54 и 34 л соответственно, а также аварийный бензиновый бак вместимостью 13 л. На меньшем поддоне за задней осью расположены два малых газовых баллона 26 и 27 вместимостью 14 и 12 л соответственно.

Поддоны закреплены на днище кузова при помощи крепежных проушин. Каждый газовый баллон надежно закреплен на поддоне при помощи двух металлических натяжных лент в пластмассовой оболочке. Для снятия газовых баллонов необходимо демонтировать поддоны с автомобиля.

Газовые баллоны в автомобиле "Caddy" закреплены при помощи натяжных лент под днищем кузова. Пластмассовые кожухи аналогичны "Touran".

В автомобиле "Caddy" все четыре газовых баллона имеют одинаковый объем (40 л). Два газовых баллона в автомобиле "Caddy" расположены перед, а остальные два – после задней оси. Аварийный бензиновый бак расположен между передними газовыми баллонами и задней осью.

Каждый поддон оснащен специальным пластмассовым кожухом, который в эксплуатации защищает газовые баллоны, запорные клапаны, газовые магистрали и аварийный топливный бак от ударов камней и попадания загрязнений.

Аварийный бензиновый бак расположен между передними газовыми баллонами и задней осью. Газовые баллоны в автомобиле "Caddy" закрепляются при помощи натяжных лент под днищем кузова. Пластмассовые кожухи аналогичны "Touran".

Газовые баллоны рассчитаны на рабочее давление 20 МПа и используются для длительного хранения КПГ. Они подвергаются испытаниям и клеймению на заводе-изготовителе и в эксплуатации в соответствии с "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

На автомобилях устанавливаются облегченные баллоны из легированной стали с одной горлови-

Таблица 1

Характеристики газовых баллонов для хранения КПГ

Зона на баллоне	Паспорт и расшифровка маркировки	Параметры баллона
а	VW 1G0201158 BC (пример)	Номер баллона
б	50,2 кг	Собственная масса
в	Do not use after 08/2025	Указания по сроку эксплуатации баллона (годен до)
г	54 л	Объем заправки
д	PN 30 MPA	Проверочное давление 30 МПа
е	e 7165516 U.T.	Проверочная маркировка
ж	PW26MPA	Максимальное давление 26 МПа
з	CNG only 08/2005	Указания по заправке с датой изготовления
и	PS 20 MPA/15 °C	Рабочее давление 20 МПа (200 бар)
к	(E) 110R-00102	ECE-норма

ной, рассчитанные на рабочее давление 20 МПа. Они имеют цилиндрическую форму со сферическими днищами.

Толщина стенок газовых баллонов составляет 8 мм. Баллон автомобильный (КПГ) имеет маркировку (E) 110R-00102 артикул ECE – является нормой. Сравнительные данные газовых баллонов для хранения КПГ приведены в табл. 1.

Маркировка баллона для КПГ приведена в информационной зоне, очерченной белой полосой, отчетливо выбиты следующие паспортные данные: товарный знак завода-изготовителя, месяц и год изготовления и следующего переосвидетельствования, рабочее давление и давление гидравлических испытаний, объем баллона в литрах, масса баллона в кг, клеймо ОТК.

Газовые баллоны рассчитаны на 20 лет непрерывной эксплуатации ГБА. Баллоны испытывают на герметичность при полностью открытом и закрытом положениях вентилей с помощью сжатого воздуха, очищенного от масла и механических примесей, или азота методом омывания или погружения его в воду под давлением 20 МПа. В процессе испытаний не допускается пропуск воздуха под клапаном и по резьбовому соединению.

На испытанный баллон наносят клеймо. На переднем днище баллона указывается: марка завода-изготовителя; порядковый номер баллона; масса баллона в кг; дата (месяц и год) изготовления и последующего испытания; значение рабочего и

пробного давления; объем баллона в л; клеймо ОТК завода-изготовителя; номер стандарта на баллон.

Даты первого и последующего гидравлических испытаний баллона указывают: месяц и год первого, затем год последующего. Повторные гидравлические испытания проводятся в установленные сроки на специально организованных испытательных пунктах по специальной программе.

Автомобильные баллоны для КПГ изготавливаются из бесшовных труб, являются наиболее металлоемкими изделиями и особо ответственными элементами конструкции ГБА. Баллоны при изготовлении подвергаются специальной термической обработке, обеспечивающей однородную структуру металла и безосколочность при их разрушении. Форма баллонов – цилиндрическая со сферическими днищами.

В соответствии с постановлением Госгортехнадзора от 25.12.85 № 53 гидравлические и пневматические испытания автомобильных баллонов для КПГ проводят периодически: для баллонов из легированной стали – не реже 1 раза в 5 лет.

Одноступенчатый редуктор 12 оснащен магистральным электромагнитным запорным клапаном высокого давления 22 и датчиком 13 давления, регистрирующим давление в баллоне 24.

РВД газа 12 оснащен магистральным запорным клапаном высокого давления 22 для работы на газе и датчиком 13 давления газа в баллонах.

Четыре клапана газовых клапанов и клапан РВД обеспечивают автоматическое прекращение подачи газа при остановке двигателя, при переключении в режим работы на бензине, а также в случае аварии. На каждом из четырех газовых баллонов 24–27 расположен вентиль 9 и запорный клапан 10.

Трубопроводы высокого давления 4, 6 и 8 и магистральные соединительные трубопроводы изготовлены из нержавеющей стали, без швов. Благодаря этому достигается высокая антикоррозионная стойкость этих узлов и их устойчивость к утечкам.

Газовые магистрали изготавливаются из нержавеющей стали и рассчитаны на давление до 100 МПа. Они соединяют заправочное устройство 2 с первым запорным клапаном 28, все четыре запорных клапана между собой, а также последний запорный клапан 9 с редуктором 12 давления газа.

Наружный диаметр газовых трубопроводов в области от заправочного устройства 2 до запорного клапана 9 (четвертого) газового баллона 24 составляет 8 мм. Благодаря этому возможна быстрая заправка с минимальным уровнем шума. От запорного клапана четвертого газового баллона 24 до

датчика давления 13 газа наружный диаметр магистрали составляет 6 мм.

Компоненты газовой системы, расположенные между двигателем и муфтой 23 в автомобилях "Caddy" и "Toucan", одинаковы. После муфты 23 в направлении газовых баллонов они различаются в зависимости от индивидуальных особенностей модели автомобиля.

Герметичность соединяемых газовых магистралей обеспечивают при помощи муфты 23, представляющей двойное зажимное кольцо. Соединительная муфта содержит штуцер, уплотнительный клин и накидную гайку. При затягивании накидной гайки уплотнительный клин деформируется и принимает форму внутреннего конического отверстия в штуцере, герметизируя соединение.

Газовые магистрали располагаются параллельно с бензиновыми магистралями. Система выпуска ОГ снабжена конечным глушителем. Выпускной тракт проложен с учетом наличия газовых баллонов. Измененное расположение системы выпуска ОГ предотвращает нагревание газовых баллонов и повышение давления в них. Система выпуска ОГ расположена полностью на стороне переднего пассажира и с газовыми баллонами не соприкасается. Конечный глушитель закреплен поперечно за последним газовым баллоном.

Для соединения редуктора 12 с газовой распределительной магистралью 15 использован гибкий шланг 14 из специальной ткани.

При выходе из строя хотя бы одного клапана подачи газа блок управления двигателя переключается в режим работы на аварийном запасе бензина. Датчик 16 газовой распределительной магистрали установлен на левой лицевой ее стороне, обеспечивая определение давления газа в распределительной магистрали.

Газовая распределительная магистраль 15 оснащена четырьмя электрически управляемыми клапанами подачи газа 17, а также датчиком газовой распределительной магистрали 16. Магистраль 15 расположена у верхней части впускного трубопровода.

Клапаны подачи газа 17 расположены во впускных каналах цилиндров. В режиме работы на газе они получают управление от ЭБУ двигателя при помощи сигнала с широтно-импульсной модуляцией.

Факторы, влияющие на продолжительность открытия клапанов подачи газа: частота вращения двигателя, нагрузка на двигатель, качество природного газа, давление газа в газовой распределительной магистрали. При выходе из строя хотя бы одного клапана подачи газа блок управления дви-

гателя переключается в режим работы на аварийном запасе бензина.

Двигатель 21 снабжен ВТ 16 с размещенным в нем блоком ДЗ 19 и датчиком давления 20. ВТ 18 снабжен блоком 19 дроссельной заслонки с воздушной заслонкой и клапаном-дозатором холостого хода. Блок 19 дроссельной заслонки снабжен датчиком положения дроссельной заслонки и обеспечивает необходимое соотношение газозадушной смеси двигателя в зависимости от режима его работы.

Одноступенчатый редуктор 12 содержит входную (первую), вторую (промежуточную) и выходную (третью) редуцирующие ступени, а также подогреватель газа. Он снабжен штуцером подвода и отвода подогревающей жидкости, штуцер подачи и расхода газа.

Двигатель BSX снабжен электронной системой управления. Система управления "Motronic" содержит ЭБУ, связанный электрической цепью с трехвыводным пневматическим электрическим клапаном 3, клапаном 6 контроля давления наддува, кислородным датчиком 7 и клапаном-дозатором 13 холостого хода, а также датчиком 17 разрежения холостого хода и модулем зажигания 15.

Система впуска воздуха содержит датчик температуры входящего воздуха и датчик 17 давления 20, размещенный во ВТ. Двигатель, приспособленный для работы на ПГ, базируется на бензиновом двигателе рабочим объемом 2,0 л и мощностью 85 кВт. Техническая характеристика двигателя приведена в табл. 2

Разработанный в Мексике двигатель мод. "BXS" отличается от своего бензинового аналога в основном формой поршней, клапаным механизмом и системой впрыска. Этот двигатель применяется

Таблица 2

Техническая характеристика двигателя

Буквенное обозначение двигателя	BSX
Тип	Однорядный 4-цилиндровый двигатель
Рабочий объем, см ³	1984
Диаметр цилиндра, мм	82,5
Ход поршня, мм	92,8
Количество клапанов на цилиндр	2
Степень сжатия	13,5:1
Максимальная мощность	80 кВт при 5400 об/мин
Максимальный крутящий момент	160 Нм при 3500 об/мин
Управление двигателем	Motronic ME 7.1.1
Топливо	Природный газ (High) природный газ (Low) АИ98
Нейтрализация ОГ	Лямбда-регулирование
Норма токсичности ОГ	ЕU4

как в автомобилях "Touran", так и "Caddy". Рабочий процесс газового и бензинового двигателя практически не отличается от традиционного.

ДВС рассчитан на эксплуатацию на природном газе. Он содержит отдельные катушки зажигания, усиленные впускные клапаны и седла клапанов на входе и выходе измененная форма поршней (порш-

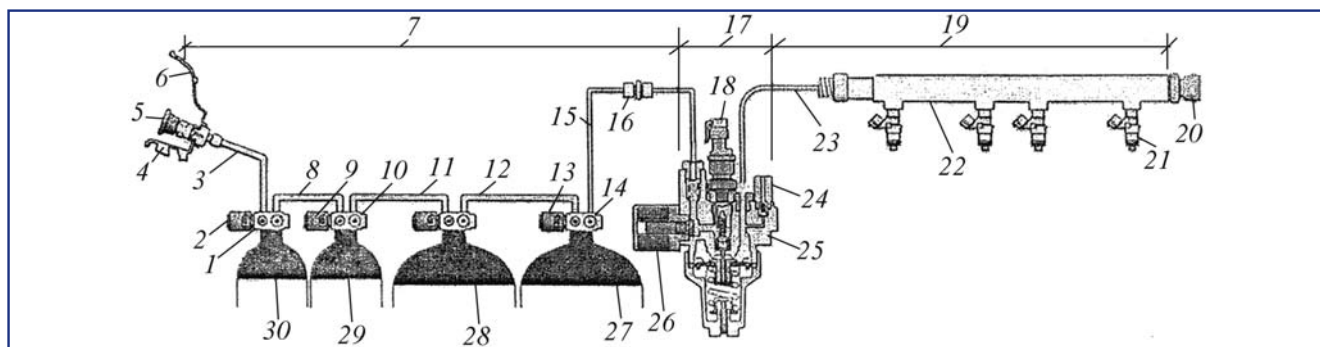


Рис. 3. Принципиальная схема системы питания КПГ:

1 – вентиль; 2 – электромагнитный запорный клапан; 3 – заправочный трубопровод; 4 – крепление заправочного устройства; 5 – заправочное устройство; 6 – гибкий шланг; 7 – контур высокого давления; 8 – трубопровод; 9 – электромагнитный запорный клапан; 10 – вентиль; 11, 12 – трубопровод; 13 – электромагнитный запорный клапан; 14 – вентиль; 15 – трубопровод; 16 – муфта; 17 – переходная область давления; 18 – датчик давления газа в баллоне; 19 – область низкого давления газа; 20 – датчик давления; 21 – электромагнитный клапан подачи топлива; 22 – распределительная магистраль; 23 – гибкий шланг; 24 – предохранительный клапан; 25 – редуктор высокого давления; 26 – магистральный электромагнитный клапан; 27–30 – газовые баллоны

ни с плоским днищем вместо выпуклого с камерой сгорания).

Двигатель приспособлен для эксплуатации на ПГ. Октановое число ПГ равно 110. Благодаря этому степень сжатия можно было повысить до 13,5. Более высокая степень сжатия достигается за счет использования поршней с плоским днищем. Природный газ (Low) обеспечивает незначительное снижение мощности и уменьшение запаса хода.

Принципиальная схема системы питания КПГ приведена на рис. 3. Она содержит контур высокого давления 7, переходную область 17 давления и контур низкого давления 19. Контур высокого давления системы содержит заправочное газовое устройство 5, контур высокого давления 7 газовые магистрали из нержавеющей стали 3 и 8, газовые баллоны 24–26, размещенными в специальных поддонах.

Газовые баллоны соединены между собой при помощи трубопроводов высокого давления 8, 11, 12, а газобаллонная установка через магистральный запорный электромагнитный вентиль 26 соединена с редуцирующей газовой аппаратурой, находящейся в моторном отсеке.

Переходная область 17 давления содержит РВД 25, датчик давления газа в баллоне 18 и запорный клапан 26.

Область низкого давления газа 19 содержит распределительную газовую магистраль 22, электромагнитные клапаны 21 и датчик 20 давления магистрали.

Газовая система содержит заправочное устройство 5 с редуктором 25 давления газа и магистральным электромагнитным клапаном 26 газовой магистрали.

Газовая магистраль 22 снабжена электромагнитными высокоскоростными клапанами 21, сообщенными электрической цепью с ЭБУ и обеспечивающими для распределенного фазированного впрыскивания газового топлива в цилиндры двигателя. Газовая магистраль 22 расположена у верхней части ВТ. Она оснащена четырьмя электрически управляемыми клапанами 21 подачи газа, а также датчиком газовой распределительной магистрали. Клапаны 21 подачи газа расположены во впускных каналах цилиндров.

Быстродействие дозирования ограничено скоростью электромагнитных клапанов 21, обеспечивающих необходимое соотношение газозооной смеси в зависимости от режима работы двигателя.

Электромагнитный клапан 2, 9, 13 высокого давления для работы на газе закрывает/открывает доступ к ступени понижения давления газа редуктора высокого давления 25. Если клапан высокого давления для работы на газе не получает управления с ЭБУ двигателя, то автомобиль может рабо-

тать только на бензине. Датчик 18 давления в баллоне давления установлен сверху в РВД. Датчик давления измеряет текущее давление газа в системе на стороне высокого давления. Благодаря этим показаниям блок управления двигателя распознает уровень наполнения баллона.

Если пропадает сигнал датчика давления в баллоне, то показания наполнения баллона обнуляются. Однако автомобиль в режиме работы на газе не прекращает движение до тех пор, пока датчик 20 газовой распределительной магистрали показывает давление газа свыше 0,6 МПа. В ступени понижения давления происходит переход давления газа от высокого к низкому давлению. Электромагнитный клапан 26 соединен с РВД, сообщен через переходный элемент и уплотнительную прокладку.

Общий вид одноступенчатого редуктора высокого давления (РВД) приведен на рис. 4. Газовый РВД выполнен в виде отдельного элемента. РВД содержит корпус 11, обогреваемый жидкостью системы охлаждения, электромагнитный клапан высокого давления 2, датчик 5 давления в баллоне и систему крепления 10. РВД обеспечивает снижение давления газа с 20 МПа до 0,6 МПа. Снижение давления в РВД происходит в одной единственной ступени и отделяет сторону высокого давления от контура низкого давления.

Принципиальная схема одноступенчатого газового редуктора высокого давления регулятора давления газа приведена на рис. 4.

РВД содержит входной 10 и выходной 8 штуцер подачи и расхода газа, датчик давления в баллоне 9, электромагнитный запорный клапан 15 высокого давления и предохранительный механический клапан 7 избыточного давления. РВД газа установлен на переднем правом лонжероне в моторном отсеке.

В корпусе 5 размещена подвижная шайба 20 с мембраной 3, дозатором газа в виде поршня 19, нагруженного пружиной 4, крышка 1 с регулировочным винтом 22.

Редуцирующая система снабжена подвижным поршнем 19, со штангой и уплотнителем, жестко связанным с мембраной 6 через шток с образованием обратной связи. Поршень нагружен запирающей пружиной 4.

Регулирующая система включает регулировочный винт 22, опорный стакан, мембрану 20 с жестким центром, нагруженную задающей пружиной 21. При полной разгрузке задающей пружины 21 (с помощью регулировочного винта 22) редуцирующий поршень под действием пружины перекрывает седло. В результате эффекта дросселирования давление газа снизится до рабочего.

В ступени понижения давления происходит переход давления газа от высокого 17 к низкому 18 давлению.

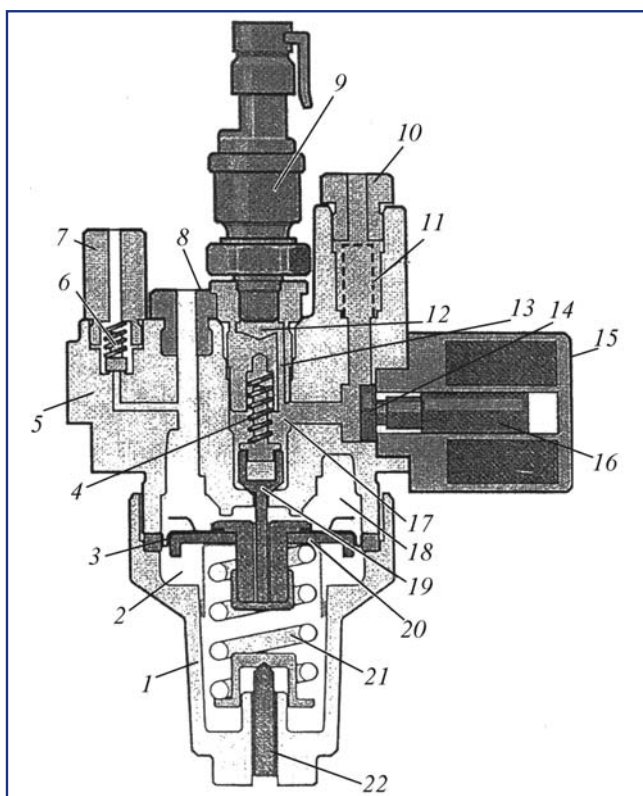


Рис. 4. Принципиальная схема одноступенчатого редуктора высокого давления газа:

1 – крышка редуктора; 2 – подмембранная полость; 3 – мембрана; 4 – пружина; 5 – корпус; 6 – пружина; 7 – предохранительный клапан; 8 – выходной штуцер газа; 9 – клапан высокого давления; 10 – входной штуцер; 11 – фильтр; 12 – кольцевая соединительная полость высокого давления; 13 – входная полость высокого давления; 14 – уплотнительная прокладка; 15 – электромагнитный магистральный клапан; 16 – якорь; 17 – полость (камера) высокого давления; 18 – полость (камера) низкого давления; 19 – поршень регулятора; 20 – шайба; 21 – пружина; 22 – регулирующий винт ступени низкого давления

Если клапан 15 высокого давления для работы на газе открыт блоком управления двигателя, газ под высоким давлением поступает к поршню 19 регулятора в камере высокого давления.

Поршень 19 открывает соединение с камерой высокого давления. Газ течет из камеры высокого давления 17 в камеру низкого 18 давления. Благодаря поступающему газу повышается давление в камере низкого давления. Как только давление достигает 0,6 МПа, мембрана 20 под действием давления возвращается в нижнее положение, преодолевая усилие пружины 21. Поршень 19, соединенный с мембраной 3, закрывает соединение с камерой 17 высокого давления. Если происходит потребление газа двигателем, то давление в камере низкого давления падает. Пружина 21 выталкивает мембрану 3 опять по направлению вверх, поршень вновь открывается. Газ снова поступает в камеру низкого давления.

Нарушение баланса расхода и поступления газа в камере 18 рабочего давления сопровождается изменением в ней давления. В результате действия системы регулирования рабочее давление восстанавливается до заданного. При этом мембрана перемещается вверх и образуемый зазор между седлом и клапаном уменьшается. В результате в полость 18 поступает газа меньше и рабочее давление в ней восстанавливается.

Принципиальная схема запорного клапана КПГ приведена на рис. 5. Каждый газовый баллон оснащен электромагнитным магистральным запорным клапаном 6, содержащим ручной запорный кран 5 со шпинделем 4, соединительную резьбу 11 для магистрального трубопровода, ограничитель потока газа 2, термический предохранитель 9 и обратный клапан 3.

Газ из баллона через открытый клапан 6 и канал поступает в газопровод высокого давления. При завертывании шпинделя 4 клапан вентиля перекрывает выход газа.

Ограничитель 2 потока газа представляет собой предохранительный клапан, расположенный в соединительном фланце газового баллона. Он предотвращает произвольный внезапный выход газа из баллона вследствие повреждения газовой магистрали или регулятора давления газа.

Ограничитель 2 потока газа в запорном клапане препятствуют выходу газа из газовых баллонов при повреждении магистралей. Если заправочное устройство негерметично, то благодаря обратному

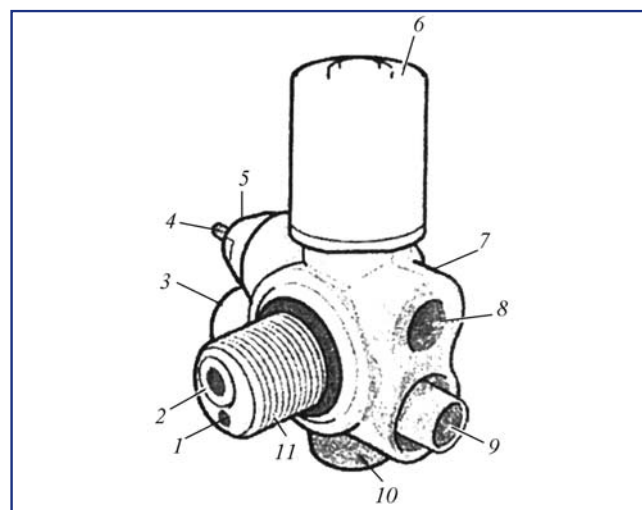


Рис. 5. Запорный клапан КПГ:

1 – канал аварийной магистрали; 2 – ограничитель потока газа; 3 – обратный клапан; 4 – шпиндель; 5 – запорный кран; 6 – электромагнитный магистральный клапан; 7 – корпус; 8 – соединительная резьба газовой магистрали; 9 – термический предохранитель; 10 – крышка корпуса; 11 – соединительная резьба подающей магистрали

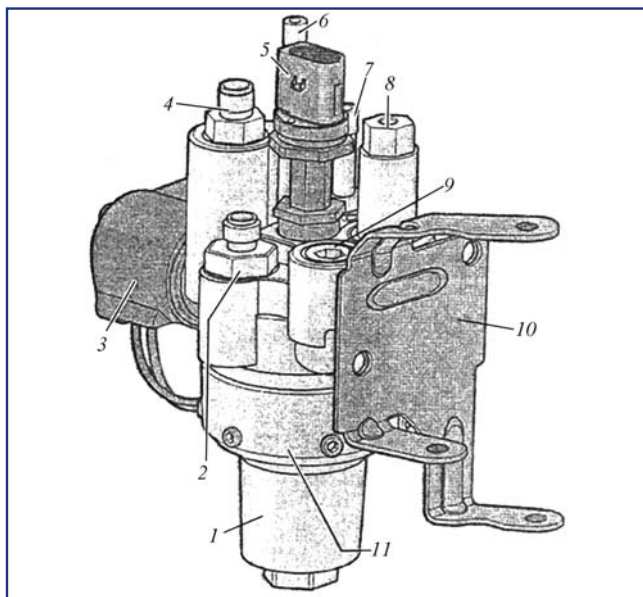


Рис. 6. Впускной трубопровод КПГ:

1 – клапан подачи газа; 2 – верхняя часть трубопровода; 3 – дроссельный патрубок; 4 – измерительная схема расходомера воздуха; 5 – датчик давления; 6 – штуцер разрежения; 7 – бензиновая форсунка; 8 – фланец; 9 – нижняя часть трубопровода

клапану обратный поток газа невозможен. Термический предохранитель обеспечивает безопасность установки при значительном повышении температуры ГБА. Запорный кран 5 состоит из клапана, имеющего уплотнительную прокладку, шпindel 4 и рукоятку, закрепленную на шпинделе.

Принципиальная схема ВТ приведена на рис. 6. ВТ состоит из двух частей. Верхняя часть ВТ изготовлена из пластмассы и образует крышку моторного отсека. Он содержит штуцер разрежения 6, воздушную заслонку с датчиком 4 положения, датчик температуры и датчик абсолютного давления воздуха.

Нижняя часть впускного коллектора изготовлена из алюминия, отлитого под давлением. В верхней части ВТ установлен датчик давления. Клапаны подачи газа установлены на верхней части ВТ. В нижней части ВТ расположены ЭМК 1 и форсунки для впрыскивания топлива 7 для бензинового аварийного режима работы.

Рабочий процесс газового двигателя по сравнению с бензиновым обладает несколько иным звучанием, что частично обусловлено открыванием клапанов подачи газа. В результате этого происходит падение давления на клапанах.

Принципиальная схема подогрева одноступенчатого редуктора высокого давления (РВД) приведена на рис. 7. Природный газ с большим содержанием влаги и углекислоты предварительно подогревают, особенно в зимнее время, так как наличие влаги в РВД может привести к замерзанию и нарушению нормальной работы двигателя. Для предот-

вращения подобного явления автомобиль оборудован подогревателем газа. При редуцировании КПГ происходит снижение его температуры. Подогреватель газа расположен на правом лонжероне рамы перед входной ступенью высокого давления.

РВД выполнен в виде единого агрегата, в котором размещены редуцирующая полость, обогреваемая жидкостью из системы охлаждения двигателя. Наличие жидкостного обогрева позволяет исключить замерзание поверхности штока РВД при редуцировании КПГ. Подогреватель представляет собой теплообменник, в котором газ поступает по центральному каналу, а охлаждающая жидкость – в теплообменный аппарат.

При работе на КПГ подогрев КПГ, поступающего через канал, осуществляется за счет тепла охлаждающей жидкости, циркулирующей в системе охлаждения двигателя газа. Входная ступень снабжена подогревающей полостью 11, сообщенной через входной штуцер 7 с системой охлаждения двигателя. Подогрев газа во входной ступени необходим для компенсации понижения температуры расширяющегося газа, вызванного значительным перепадом давления до и после запорного клапана.

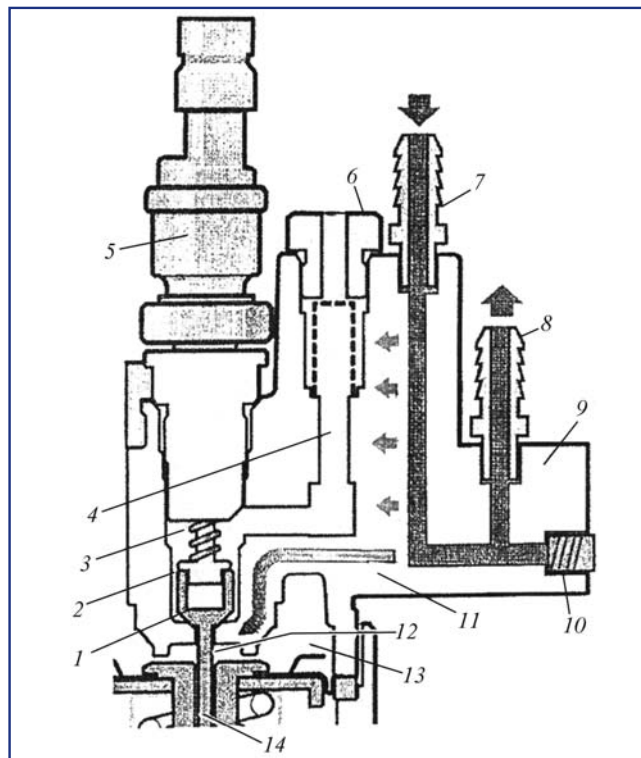


Рис. 7. Подогрев редуктора высокого давления КПГ:

1 – поршень редуктора; 2 – соединительная полость; 3 – пружина; 4 – входной газовый канал; 5 – датчик давления; 6 – штуцер высокого давления; 7 – входной штуцер подачи охлаждающей жидкости; 8 – выходной штуцер отвода охлаждающей жидкости; 9 – полость; 10 – предохранитель; 11 – поверхность теплопередачи; 12 – зона обледенения; 13 – камера; 14 – кольцевая полость высокого давления

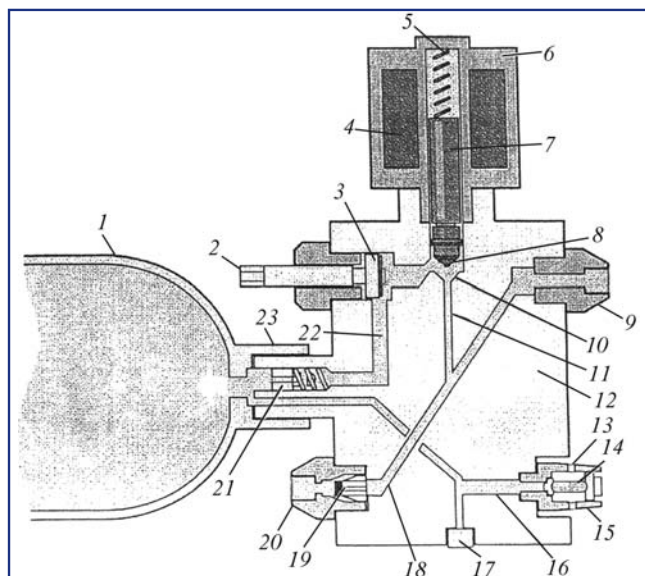


Рис. 8. Заправка газобаллонной установки КПГ:

- 1 – газовый баллон; 2 – ручной кран (шпиндель);
 3 – запорный элемент с уплотнителем; 4 – катушка;
 5 – пружина; 6 – электромагнитный магистральный клапан; 7 – якорь; 8 – запорный элемент; 9 – выходной штуцер магистрального трубопровода; 10 – седло;
 11 – соединительный клапан; 12 – корпус клапана;
 13 – выходное отверстие термического предохранителя; 14 – стеклянная капсула термического предохранителя; 15 – термический предохранитель выходного штуцера;
 16 – газовый канал; 17 – технологическая заглушка;
 18 – центральный наполнительный канал; 19 – запорный обратный клапан; 20 – приемный заправочный штуцер; 21 – ограничитель потока газа; 22 – соединительный канал; 23 – горловина баллона

Подогрев редуцируемого газа осуществляется путем теплопередачи через корпус от теплоносителя, проходящего через подогревающую полость входной ступени.

Понижение давления газа с 20 до 0,6 МПа сопровождается расширением газа и происходит процесс поглощения тепловой энергии от окружающих компонентов.

Редуктор высокого давления соединен посредством разъемов входа и выхода охлаждающей жидкости системы охлаждения. Подогреватель КПГ содержит входной 7 и выходной 8 штуцеры подвода и отвода охлаждающей жидкости и лабиринтные каналы.

Принципиальная схема заправочного устройства газовой аппаратуры приведена на рис. 8. Устройство состоит из корпуса 12 переходника вентилей, в котором размещен заправочный 20 и магистральный выходной 9 штуцеры, трубопроводов высокого давления. Штуцер 9 с трубопроводом высокого давления сообщен с баллонами.

Конструкция заправочного штуцера позволяет быстро вставить в него наполнительную головку колонки АГНКС. Фиксация и герметизация го-

ловки, а также обеспечение безопасности при заправке обеспечивается залеганием распорных резиновых колец наполнительной головки в канавках заправочного штуцера. В момент заправки давление газа надежно фиксирует кольца и таким образом препятствует разъединению наполнительной головки с заправочным штуцером.

На обоих газобаллонных автомобилях установлено по два механических обратных клапана. Один клапан расположен на приемном штуцере, второй – на запорном клапане первого газового баллона.

Заправка природного газа происходит при высоком давлении 20 МПа. Это давление, действуя против силы пружины, отжимает запорный элемент от седла. Газ поступает через металлический фильтр в газовые баллоны. Когда давление со стороны входа падает, запорный элемент под воздействием пружин и давления в газовых баллонах возвращается в седло. Благодаря этому выход газа в обратном направлении невозможен.

Составные части запорного клапана включают ручной запорный кран 2, запорный элемент с уплотнителем 3, заправочный штуцер 20, выходной штуцер 9, ограничитель потока газа, термический предохранитель 15, обратный клапан 19, клапан отключения подачи газа 6 и ограничитель 21 потока газа.

Природный газ подается в приемный патрубок со встроенным фильтром и обратным клапаном далее по газовым магистралям к запорному клапану первого газового баллона.

Газ идет по газовым магистралям к запорному клапану второго газового баллона, оттуда дальше к запорным клапанам остальных баллонов. Процесс заправки завершен, как только на стороне высокого давления системы установится то же давление, что и в заправочной системе автозаправочной станции (20 МПа).

Каждый газовый баллон оснащен комплексным запорным клапаном 6. Баллон оснащен ограничителем 21 потока газа, термическим предохранителем 15 и запорным краном 2. Газовые баллоны 24–26 оснащены вентилями 9 и запорными клапанами 12.

Когда газ в процессе заправки поступает в первый запорный клапан, он должен сначала пройти через обратный клапан. Потом газ поступает к клапану отключения подачи газа и своим высоким давлением отжимает тарелку клапана вверх. Таким образом, открывается доступ газа в газовый баллон. Газ проходит мимо запорного крана и затем через ограничитель потока газа попадает в газовый баллон.

Отдельный канал 16 напрямую соединяет газовый баллон 1 с термическим предохранителем 15.

Электромагнитный магистральный клапан 6 отключения подачи газа представляет собой элек-

тромагнитное устройство, получаемое управление с блока управления двигателя. Они являются составной частью запорных клапанов. Клапаны перекрывают доступ к газовым баллонам.

При эксплуатации автомобиля на газе они открываются блоком управления двигателя. В процессе заправки – от заправочного давления ПГ. В процессе заправки клапан отключения подачи газа обесточен. Благодаря высокому давлению в процессе заправки клапан открывается вверх, преодолевая силу пружины, и открывает доступ к газовому баллону. По завершении процесса заправки пружина закрывает клапан и, таким образом, доступ к газовому баллону.

При внезапном повреждении газовых магистралей может произойти внезапное падение давления в системе. Если давление в газовом баллоне на 0,2 МПа больше давления в газовой магистрали, то уплотнительная втулка давлением в баллоне перемещается в седло. Газовый баллон закрывается, утечка газа из него невозможна.

Термический предохранитель 15 также установлен на корпусе 12 запорного клапана. Он предотвращает разрушение газового баллона вследствие чрезмерного повышения давления из-за воздействия высоких температур. Предохранитель установлен таким образом, что становится возможным непосредственный выпуск газа в атмосферу.

Основой термического предохранителя 15 является небольшая стеклянная капсула 14, содержащая жидкость и предотвращающая выход газа. При повышении температуры до 110 °С и выше жидкость в капсуле расширяется, капсула лопается. Выход газа становится возможен. ПГ выходит в атмосферу через специальные отверстия, этот процесс осуществляется под контролем, возможность воспламенения в случае пожара в автомобиле или разрушения газового баллона из-за повышения температуры отсутствует.

При помощи ручного запорного крана 2 и уплотнителя 3 газовый баллон может быть герметично закрыт. Это необходимо для обеспечения безопасности при проведении любых работ по снятию и установке баллонов. По соображениям безопасности выпускной канал к термическому предохранителю 15 остается открытым даже при закрытом запорном кране. Стеклянная капсула 14 закрывает отверстие для выхода газа. Стеклянная капсула 14 разрушается и выход газа возможен.

Принципиальная схема системы управления газобаллонных автомобилей приведена на рис. 9. Система содержит комплекс датчиков 1–17, подключенных к шине 18, ЭБУ управления 20 и систему исполнительных механизмов 23–32. ЭБУ через электрическую цепь 19 сообщается с шиной датчиков и через электрическую цепь с шиной 22 испол-

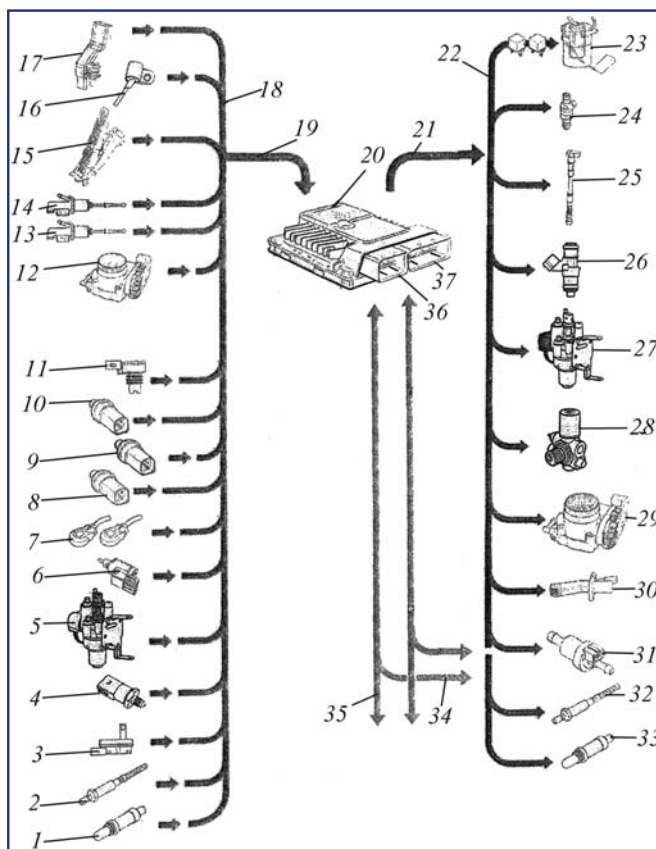


Рис. 9. Принципиальная схема системы управления подачи КПГ современного автомобиля:

1 – лямбда-зонд после катализатора; 2 – лямбда-зонд; 3 – датчик уровня и температуры масла; 4 – датчик газовой распределительной магистрали; 5 – датчик давления в газовом баллоне; 6 – выключатель стоп-сигналов; 7 – датчик детонации; 8 – датчик сигнализатора низкого уровня охлаждающей жидкости; 9, 10 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 11 – датчик давления и температуры воздуха на впуске; 12 – блок дроссельной заслонки; 13 – датчик на педали тормоза; 14, 15 – датчик положения педали сцепления; 16 – датчик Холла; 17 – датчик частоты вращения двигателя; 18, 22, 35 – шина данных CAN; 19, 21, 34 – цепь; 20 – ЭБУ; 23 – реле отключения топливного насоса, реле топливного насоса; 24 – форсунки цилиндров; 25 – катушки зажигания 1–4 с выходным каскадом; 26 – клапан подачи газа; 27 – клапаны 1–4 отключения подачи газа; 28 – клапаны отключения подачи газа; 29 – блок дроссельной заслонки; 30 – нагревательный резистор системы вентиляции картера двигателя; 31 – электромагнитный клапан адсорбера с активированным углем; 32 – нагревательный элемент лямбда-зонда; 33 – нагревательный элемент лямбда-зонда после катализатора; 36, 37 – разъем

нительных механизмов и шиной передачи данных 34 и 35.

Система управления содержит ЭБУ 20, диагностическую лампу, кислородный датчик 2, газовый клапан, клапан измерения давления воздуха 5 и клапан-дозатор холостого хода.

Предохранитель плавкий вставкой на 10 А защищает электрическую цепь системы управления. ЭБУ 20 расположен в центре водоотводящего короба. Он регулирует процесс смесеобразования для режима работы на газе и аварийного режима – на бензине.

Блок управления двигателя подает сигнал на магистральный клапан 5 отключения подачи газа. Магнитное поле перемещает клапан вверх, открывая доступ к газовому баллону. Как только эксплуатация на газе завершена, ЭБУ двигателя отключает клапан 26, и пружина закрывает его. Доступ к газовому баллону закрыт.

В обесточенном состоянии клапаны отключения подачи газа закрыты. Если управление на все клапаны не подается или если они неисправны, эксплуатация автомобиля на газе невозможна. Пока работает хотя бы один клапан автомобиль можно эксплуатировать на газе, так как газ поступает из газового баллона. Все клапаны отключения подачи газа могут быть продиагностированы.

При появлении сигнала о столкновении автомобиля клапаны 5 отключения подачи газа автоматически закрываются. При этом блок управления подушки безопасности посылает сигнал на блок управления двигателя через шину данных CAN.

Электронный блок 20 через электрические цепи связан с функциональными датчиками 1–17 и исполнительными механизмами 23–33. Электромагнитные газовые клапаны 26 по сигналам ЭБУ 20 открывают каналы выхода газа в ВТ. В зависимости от частоты вращения КВ и давления в ВТ блок управления рассчитывает продолжительность открытия электромагнитных газовых клапанов 26. Объем дозируемого газа определяется величиной длительности импульса и величиной давления газа в газовой распределительной магистрали.

Система управления содержит карту впрыскивания и зажигания. Трехмерная таблица, хранящаяся в памяти ЭБУ, содержит оптимальные значения длительности впрыскивания топлива в зависимости от скорости и нагрузки двигателя. Получив сигналы от соответствующих датчиков, ЭБУ обращается к этой таблице, из которой выбирается требуемое значение длительности впрыскивания газа, соответствующее текущим условиям работы двигателя. Для особых условий работы пуск и прогрев ЭБУ корректирует длительность по отношению к найденной карте для обогащения смеси. При работе двигателя на режиме холостого хода (ХХ) ЭБУ переводит на специальную карту системы ХХ.

Если пуск двигателя не произошел, то через 15 с следует повторить попытку. Если двигатель не завелся или завелся и сразу остановился, то наиболее возможной причиной является избыток газа в цилиндрах. В этом случае следует нажать педаль управления дросселем до упора и, удерживая ее,

включите стартер на три секунды. Если двигатель завелся и вновь остановился – повторите попытку, удерживая стартер включенным в течение 5...7 с.

Управление процессом впрыскивания по типу обратной замкнутой связи протекает в соответствии с программой, хранящейся в памяти ЭБУ. Электронный блок управления позволяет обеспечивать управление ЭМК. ЭБУ контролирует и обрабатывает входящие сигналы измерительных датчиков. ЭБУ может хранить в памяти информацию, содержащую специфические схемы работы для получения разнообразных параметров. Основными параметрами являются частота вращения КВ двигателя и нагрузка, на которые водитель оказывает непосредственное влияние посредством педали газа. Контролируемые параметры также включают температуру воздуха, топлива, охлаждающей жидкости и давление турбокомпрессора.

Блок управления двигателя использует сигналы с датчика для расчета и управления временем открытия клапанов подачи газа. Если давление в газовой распределительной магистрали превышает значение в 0,10 МПа или пропадает сигнал с датчика давления газа, то происходит переключение на режим аварийной работы на бензине.

Запуск двигателя при температуре охлаждающей жидкости ниже 15 °С осуществляется в режиме работы на бензине. Переключение на режим работы на газе происходит вместе с активацией лямбда-регулятора или самое позднее через 3 мин работы двигателя. При работе на газе и бензине смесеобразование регулируется ЭБУ двигателя на лямбда 1. При температуре охлаждающей жидкости выше 15 °С запуск осуществляется в режиме работы на газе.

Датчик частоты вращения установлен на корпусе двигателя. Длительность управляющих импульсов и подача топлива определяются величиной расхода воздуха во ВТ двигателя.

При пуске двигателя электромагнитная форсунка 24 работает в синхронном режиме, длительность импульса определяется ЭБУ в зависимости от температуры двигателя. В этом режиме ЭБУ использует информацию от датчика температуры (для определения длительности импульса) и датчика положения КВ (для определения частоты импульсов и их синхронизации с работой цилиндров).

Если пуск двигателя не произошел, то через 15 с следует повторить попытку. Если двигатель не завелся или завелся и сразу остановился. Возможна причина – избыток газа в цилиндрах. Следует нажать педаль управления дросселем до упора и удерживая ее включить стартер на три секунды, если двигатель завелся и вновь остановился – повторите попытку, удерживая стартер включенным в течение 57 с.

Обогащение смеси на период ускорения. При резком нажатии на педаль газа происходит быстрое изменение давления во ВТ. ЭБУ, анализируя изменение сигналов датчиков дроссельной заслонки и давления во ВТ, переводит форсунку в асинхронный режим работы и обогащает горючую смесь.

Обеднение смеси происходит при закрытой дроссельной заслонке, например, при торможении двигателем на спуске.

Работа двигателя в рабочем режиме. ЭБУ 20 через электрические цепи связан с внешними параметрами и функциональными датчиками. ЭМК по сигналам ЭБУ 10 открывает каналы выхода газа к электромагнитным форсункам 15. В зависимости от частоты вращения КВ и давления в ВТ рассчитывает продолжительность открытия газовых форсунок 26. После достижения частоты вращения КВ свыше 400 мин ЭБУ переходит в рабочий диапазон управления ЭБУ. Первоначально ЭБУ рассчитывает продолжительность открытого состояния ЭБУ (длительность импульса), используя сигналы датчика температуры датчика двигателя и датчика давления в ВТ.

Изменение длительности управляющего импульса обусловлено изменением нагрузки двигателя и давления газа в ВТ. Через определенное время (при достижении двигателем заданной температуры) ЭБУ начинает принимать сигнал от датчика кислорода, расположенного в системе выпуска ОГ. В зависимости от концентрации кислорода в ОГ ЭБУ изменяет длительность импульса для обеспечения оптимального состава ОГ. Остатки не прореагировавшего топлива окисляются в каталитическом нейтрализаторе.

В зависимости от качества газа ("High" или "Low") ЭБУ двигателя должен проводить адаптацию смесеобразования. Лямбда-зонд 2 измеряет состав ОГ и посылает полученные результаты на ЭБУ двигателя. На основании полученного сигнала ЭБУ двигателя рассчитывает требуемые пропорции смеси (воздух/газ). Для управления процессом смесеобразования ЭБУ изменяет продолжительность открытия клапанов подачи газа.

Датчик давления 5 в газовом баллоне сигнализирует завершение процесса заправки. После завершения процесса заправки ЭБУ проводит адаптацию времени открытия клапанов подачи газа в зависимости от качества заправленного газа. Если автомобиль заправлен газом "High", то благодаря более высокому проценту содержания метана в ОГ возникает богатая смесь, а если был заправлен газом "Low", то бедная смесь. ЭБУ двигателя распознает состав смеси на основании качества ОГ, фиксируемого лямбда-зондом. Если качество ОГ не соответствует нужному составу смеси, то ЭБУ двигателя определяет качество газа и адаптирует

время открытия клапанов подачи газа с учетом качества заправленного газа.

Система управления подачей топлива обеспечивается ЭБУ 20 электромагнитными форсунками 24 и электромагнитными клапанами подачи газа 26.

Датчик 17 частоты вращения КВ, установленный на корпусе двигателя, формирует управляющие импульсы в момент прохождения сигнала положения КВ двигателя. Длительность управляющих импульсов и подача топлива определяются величиной расхода воздуха во ВТ двигателя.

Компьютерная система выберет необходимый режим работы двигателя для его прогрева и затем установит обороты ХХ. Диагностика во время движения контролирует все детали и системы, влияющие на состав ОГ. Эта система сохраняет ошибки, связанные с составом ОГ и отображает их при помощи контрольной лампы (MIL).

Существуют два различных варианта исполнения комбинации приборов в автомобилях "Midline" – другая в автомобилях "Highline".

Приборная панель в исполнении "Midline" содержит индикатор уровня газа. В комбинации приборов находятся индикаторы режима работы на газе, режима аварийной работы на бензине и контрольный индикатор режима аварийной работы на бензине.

Если горит стрелка рядом или над сегментным индикатором, то это означает, что автомобиль работает на бензине. Когда стрелка гаснет, автомобиль переключается на газ. Эксплуатация на газе возможна при температуре охлаждающей жидкости свыше 15 °С. Блок управления двигателя автоматически переключает с режима работы на газе на аварийный режим работы на бензине.

Выводы и рекомендации. Энергетическая безопасность страны остается приоритетной проблемой национальной экономики. Применение ПГ в качестве моторного топлива обеспечивает решение энергетических проблем автомобильного транспорта как на ближайшую перспективу, так и на отдаленное будущее. Практическая реализация энергетических и экологических преимуществ газового топлива на автомобильном транспорте связана с созданием газобаллонных автомобилей нового поколения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Ерохов В.И.** Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для ВУЗОВ. М.: Горячая линия–Телеком. 2012. 598 с.
2. **Система** питания на природном газе EcoFuel в автомобилях "Touran" и "Caddy". Service Training. Программа самообучения 373. "Volkswagen Group Academy" twipx.com.file74755. 2009. № 373. 49 с.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЛИГОАЛКИЛНАФТЕНОВЫХ МАСЕЛ, ПОЛУЧЕННЫХ ОЛИГОМЕРИЗАЦИЕЙ C_8-C_{12} - α -ОЛЕФИНОВ В ПРИСУТСТВИИ (ТИ-СОДЕРЖАЩИХ) ИОННО-ЖИДКОСТНЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Х.Г. Аскерова, Р.В. Алиева, А.Н. Азизов, Н.Р. Бекташи, А.Д. Кулиев

Институт нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, г. Баку

Методами эксклюзионной жидкостной хроматографии изучена динамика изменения молекулярных характеристик и фракционного состава олигомеризатов C_8-C_{12} α -олефинов, полученных в присутствии (окси)хлоралюмотитанатных ионно-жидкостных каталитических систем. Показано, что состав исследуемых продуктов меняется в интервале молекулярных масс $M_n = 2500...5300$. Отмечается, что наличие титановых комплексов в составе используемых катализаторов при низких концентрациях позволяет регулировать параметры молекулярно-массового распределения полученных продуктов.

Ключевые слова: олигоалкилнафтеновые масла, олигомеризация, (Ti-содержащие) ионно-жидкостные каталитические системы.

MOLECULAR CHARACTERISTICS OF OLIGOALKYLNAPHTHEN OILS OBTAINED BY OLIGOMERIZATION OF C_8-C_{12} - α -OLEFINS IN THE PRESENCE (TI-CONTAINING) IONIC-LIQUID CATALYTIC SYSTEMS

Askerova Hayala Geydar kyzy, Aliyeva Reyhan Veli kyzy, Azizov Akif Gamid ogly, Bektashi Nazim Rauf ogly, Kuliev Akif Dargah ogly. Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan

By exclusion HPLC methods the dynamics of changes in the molecular characteristics and fractional composition of C_8-C_{12} α -olefins oligomerizats obtained in the presence of (oxy)chloroaluminumtitanate ionic-liquid catalytic systems is studied. It is shown that the composition of the investigated products varies in the range of molecular weights $M_n = 2500...5300$. It is noted that the presence of titanium complexes in the catalysts used in low concentrations allows adjusting parameters of the molecular weight distribution of the resulting products.

Keywords: oligoalkylnaphthen oils, oligomerization, (Ti-containing) ionic-liquid catalyst systems.

Введение

При замене нефтяных смазочных материалов на синтетические обеспечивается экономия горючего, снижаются расходы на масло, ремонтные услуги, уничтожение и утилизацию отходов. Это существенно улучшает экологические требования, поэтому темпы роста производства синтетических масел неуклонно растут [1]. Одним из насущных требований современной техники является разработка "умных" смазочных материалов, способных изменять комплекс свойств, при изменении усло-

вий эксплуатации. Традиционно применяемые нефтяные (минеральные) масла во многих случаях не соответствуют современным техническим требованиям эксплуатации. В последние годы широкое применение получают синтетические полиальфаолефиновые масла (ПАОМ), мировое производство которых в настоящее время превышает ~400 тыс. т в год [1–3].

В результате проведенных рядом зарубежных фирм (Chevron, Mobil, Shell, Esso, Amoco и др.) исследований, направленных на повышение качества смазочных материалов, созданы и в промыш-

ленных масштабах реализуются процессы получения синтетических смазочных материалов, которые могут успешно эксплуатироваться при температурах от -70 до $+290$ °С. Срок эксплуатации синтетических смазочных материалов может достигать 8000 ч (нефтяных масел – всего 500...2000 ч).

Особенно жесткие требования ко всем видам масел предъявляются по степени их остаточной ненасыщенности, что связано с требованиями их термоокислительной стабильности. Указанные свойства ПАОМ во многом и зависят от характера молекулярно-массового распределения (ММР). Так наиболее узкие значения ММР положительно влияют на их эксплуатационные свойства.

В настоящей работе с применением высокоэффективной эксклюзионной жидкостной хроматографии (ЭЖХ), а также масс-спектрометрии исследованы динамика изменения ММР и фракционного состава, а также структура олигоалкилнафтоновых масел, получаемых в процессе олигомеризации C_8 – C_{12} α -олефинов в присутствии новых эффективных ионно-жидкостных каталитических систем (ИЖКС) на основе $[(C_2H_5)_2NH_2]^+[Al_2Cl_7]^-$ и их модификатов с Ti-фенолятными комплексами (ТФК).

1. Экспериментальная часть

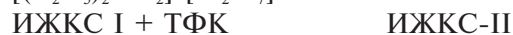
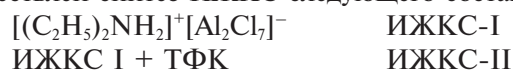
Исходные реактивы и вещества:

При выполнении данной работы использовались химические реактивы и товарные продукты промышленных производств, качество которых оценивалось различными методами и сравнивалось с литературными данными. Так как компоненты ИЖКС и α -олефины очень чувствительны к различным микропримесям, все работы по синтезу ионных жидкостей, а также процесс олигомеризации проводились в инертной среде (азот или аргон) с использованием обезвоженных растворителей, перегнанных непосредственно перед экспериментом. Для получения надежных и воспроизводимых результатов применяемые в данной работе вещества подвергались тщательной очистке.

Синтез ионно-жидкостных каталитических систем:

2,6-ди-(2',6'-диизопропилфенил-1-аминометил)-4-(1-метилциклопентил)-фенол ($M = 554$, $T_{кип} = 205$ – 207 °С, $T_{пл} = 91$ °С) был получен по реакции Манниха взаимодействием пара-(1-метилциклопентил)-фенола с формальдегидом и 2,6-диизопропиланилином. Взаимодействием 2,6-ди-(2',6'-диизопропилфенилметиленамин)-4-(1-метилциклопентил)-фенола с $TiCl_4$ простым, одностадийным способом был синтезирован титан-фенолятный комплекс (ТФК) [7, 8]. Хлоралюминатные ионные жидкости приготавливались взаимодействием $AlCl_3$

с диэтиламингидрохлоридом $(C_2H_5)_2NH \times HCl$ при их молярном соотношении 1,7:1 соответственно. Синтез ИЖКС, а также олигомеризацию C_8 – C_{12} α -олефинов в их присутствии осуществляли в термостатированном высушенном стеклянном реакторе в атмосфере сухого азота или аргона. С этой целью реактор до приготовления комплексного катализатора предварительно тщательно отвакуумировали при прогреве в токе азота. Затем после охлаждения до комнатной температуры в реактор вводили соответствующий аминный компонент. К полученному комплексу в токе азота при интенсивном перемешивании добавляли расчетное количество $AlCl_3$. Приготовление катализатора осуществлялось при 30 ... 35 °С в течение 10 ... 30 мин. Полученные ИЖКС представляют собой вязкие жидкости при комнатной температуре с желтоватым оттенком. Указанным способом осуществлен синтез ИЖКС следующего состава:



Соотношение $Ti/Al = 6,8 \cdot 10^{-4}$ мол.

Олигомеризация:

По окончании синтеза ИЖКС при перемешивании в реактор через капельную воронку вводили C_8 – C_{12} α -олефины. Опыты по олигомеризации осуществляли при температуре 60 °С, при непрерывном интенсивном перемешивании реакционной массы с помощью электромагнитной мешалки продолжительностью 3 ч. Полученные вязко-текучие продукты легко отделяются от катализатора расслоением. После расслоения катализатор отделяли промыванием реакционной массы 10 %-ным раствором едкого натрия, а затем дистиллированной водой и этанолом до нейтральной реакции и высушивали над прокаленным Al_2O_3 . Далее из реакционной массы вакуумной перегонкой выделяли следующие фракции:

1. $T_{кип} < 250$ °С (непрореагированный α -олефин);
2. $T_{кип} = 250$... 350 °С (олигомерная фракция (ОФ-1));
3. $T_{кип} > 350$ °С (олигомерная фракция (ОФ-2)).

Методы анализа:

ММР синтезированных олигомеров изучали методом хроматографии на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы "Kovo" (Чехия) с рефрактометрическим и УФ-спектрофотометрическим детектором ($\lambda = 254$ нм). Использовали две колонки размером $3,3 \times 150$ мм, заполненные неподвижной фазой "Separon – SGX" с размером частиц 7 мкм и пористостью 100 Å. Элюентом служил диметилформамид, скорость потока 0,3 мл/мин, при температуре 20 ... 25 °С. Параметры ММР и молекулярной массы ($MM - M_w, M_n, M_w / M_n$) определяли по методике

[4]. При этом калибровочную зависимость $\lg M$ от V_R в диапазоне $M = (1,5 \dots 100) \times 10^2$ получали с использованием полиэтиленгликолевых стандартов. Она описывалась уравнением $V_R = C_1 - C_2 \lg M$, где $C_1 = 24,4$; $C_2 = 4,0$. При вычислении величины молекулярных масс измеряли площади под участками хроматограммы с интервалом 0,25 счета (1 счет соответствует 0,13 мл), расчеты проводили по формулам:

$$M_w = \sum M_i \omega_i, \quad M_n = 1 / \omega_i / \sum M_i,$$

где M_i – молекулярная масса, соответствующая i -му участку хроматограммы;

ω_i – доля площади i -го участка.

Масс-спектрометрический анализ олигомерных фракций ОФ-1, полученный при олигомеризации указанных α -олефинов в присутствии ИЖКС, осуществлен на приборе масс-спектрометре марки GC-7890A-MSD 5975C (Agilent-Technologies).

2. Обсуждение результатов

Результаты эксклюзионно-хроматографических исследований ММР выделенных фракций в составе исследуемых продуктов олигомеризации α -олефинов (C_8 – C_{12}), синтезированных в присутствии каталитической системы типа ионных жидкостей (ИЖКС-I), а также их комплексов с соединением титана (ИЖКС-II), представлены в табл. 1 и на рис. 1. Как следует из этих данных, в зависимости от условий синтеза в динамике изменений параметров ММР олигомерных продуктов указанных гомологов α -олефинов, как и следовало ожидать, обнаруживаются некоторые сходства. Отсюда видно, что кривые ММР всех исследуемых олигомеров носят бимодальный характер, которые указывают на участие в формировании олигомеров двух каталитических центров. Это можно считать

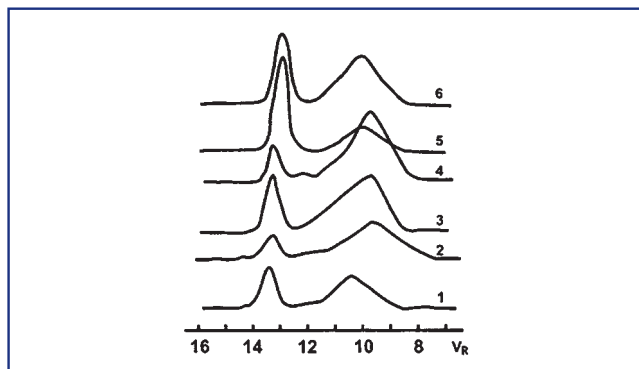


Рис. 1. Кривые ММР продуктов реакции олигомеризации α -октена (кривые 1 и 2), α -децена (кривые 3 и 4) и α -додецена (кривые 5 и 6), синтезированных в присутствии ИЖКС-I и ИЖКС-II. Адсорбент – "Separon SGX", $D = 100$ А, элюент диметилформамид, скорость 0,3 мл/мин, детектор – рефрактометр, $T = 20 \dots 25$ °С

характерным для исследуемого гомологического ряда. Так, в составе реакционных продуктов обнаружены низкомолекулярные фракции (НМ) пентамеров и тетрамеров ($V_R \geq 12$) и высокомолекулярные фракции (ВМ) по значению ММ меняющихся в сравнительно широких пределах – 3000...6890 (M_w) и 2500...5300 (M_n) ($V_R = 8 \dots 12$). Во всех случаях при образовании олигомеров переход от каталитической системы типа ИЖКС-I на ИЖКС-II сопровождается с повышением их ММ. Например, в составе масляной фракции (ОФ-2) олигооктена, полученной при перегонке реакционного продукта выше 350 °С, переход на каталитическую систему ИЖКС-II сопровождается с повышением в составе олигомеров значения M_w и M_n , отвечающие ВМ олигомерам, от 3000 до 3900 и от 2500 до 3700 соответственно (табл. 1, образцы 1 и 2).

Таблица 1

Характеристики ММР олиго- α -олефинов (C_8 – C_{12}), синтезированных в присутствии ИЖКС-I и ИЖКС-II ($V_R = C_1 - C_2 \lg M$, где $C_1 = 24,4$, $C_2 = 4$)

№	Мономер	ИЖКС	НМ фракций*, %	Молекулярные показатели			V_R max	ВМ V_R max
				M_w	M_n	M_w / M_n		
1	α -октен	ИЖКС-I	25	3000	2500	1,20	10,68	2720
2		ИЖКС-II	15	3900	3700	1,05	10,00	3800
3	α -децен	ИЖКС-I	20	4450	3740	1,19	9,96	4100
4		ИЖКС-II	15	5180	4540	1,14	9,60	4860
5	α -додецен	ИЖКС-I	20	4820	4310	1,12	9,76	4580
6		ИЖКС-II	10	6890	5300	1,30	9,28	6100

* – хроматографическое разделение – образцы 1 и 2 пентамеры, 3–6 тетрамеры

Наблюдается снижение количества НМ фракции от 25 до 15 % и соответственно фиксируется падение интенсивностей соответствующих пиков (рис. 1, кривые 1 и 2).

Следует отметить, что переход на каталитическую систему ИЖКС-II в случае олигомеризации α -децена и α -додецена также происходит с уменьшением количества НМ фракции в составе полученных продуктов и интенсивности соответствующих пиков. При этом обнаруживаются аналогичные закономерности. Например, в случае олигодецена (ОД) – рост ММ наблюдается в пределах 4450...5180 (M_w), 3740...4540 (M_n) (табл. 1, образцы 3–4), (рис. 1, кривые 3 и 4), а в случае олигододецена (ОДД) в пределах 4820...6890 (M_w) и 4310...5300 (M_n) (табл. 1, образцы 5–6) (рис. 1, кривые 5 и 6). Похожие изменения, наблюдаемые в значениях ММ, были обнаружены также при изучении ММР легких фракций (НМ) (250...350 °С). В любом случае спад или рост наблюдаемые в значениях ММ, соответствующие ВМ фракции в составе реакционных продуктов, сопровождаются уменьшением $V_R(\max)$ (табл. 1), а также смещением кривых ММР в соответствующую сторону по шкале V_R . Указанное явление отражается в значениях интенсивности отвечающих им пиков. Следует отметить, что НМ и ВМ фракции, выделенные из состава реакционных продуктов, могут в отдельности использоваться как компоненты или смазочные масла. Как видно, изменение состава катализатора приводит к получению олигомеризатов с заданной структурой.

Изменение ММР характеристик продуктов, полученных в присутствии ИЖКС-I и ИЖКС-II, свидетельствует о том, что введение Ti-содержащего модификатора в состав ИЖКС приводит к образованию новых каталитических центров оксихлоралюмотитанатного типа, ведущих процесс олигомеризации в сторону получения олигомеров с большими ММ при сохранении узкого значения ММР продуктов.

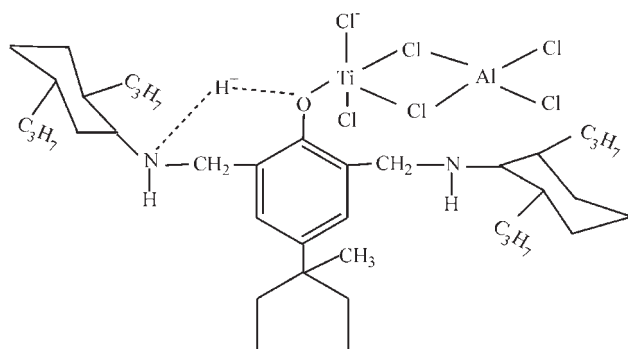


Таблица 2

Назначение фрагментов, вероятность и процент некоторых циклических структур в хроматограмме ОФ-1 фракции, полученных олигомеризацией α -додецена в присутствии ИЖКС1

Номера пиков на хроматограмме	Назначение фрагментов	Процент от общего, %	Вероятность отнесения, %
13	Циклопропан-, нонил-	1,42	91
48	Циклогексан-, 1,2-диметил-3-пентил-4-пропил-	1,49	64
50	Циклогексан-, 2,4-диизо-пропил-1,1-диметил-	1,50	64
19	Бицикло (4.1.0.) гептан, 3-метил-	0,47	76
12	Циклотетрадекан-	2,25	90
15		3,02	94
18		0,38	92–96
30		0,26	86
52	Циклопентадекан-	1,33	95
33	Циклогексадекан-	1,00	94
61	Циклоэйкозан-	0,53	91
Общее		13,65	

На молекулярные характеристики полученных продуктов также влияют условия проведения реакции. Проведение олигомеризации при комнатной температуре и при 60 °С приводит к близким значениям ММР. При переходе от комнатной температуры к 60 °С НМ фракции в составе реакционных продуктов изменяются для олигомеров α -децена в пределах 27...20 %, для α -додецена – 15...20 %. ВМ продуктов в случае α -децена – $M_w = 4150$, $M_n = 3580$, а в случае α -додецена $M_w = 4950$, $M_n = 4310$.

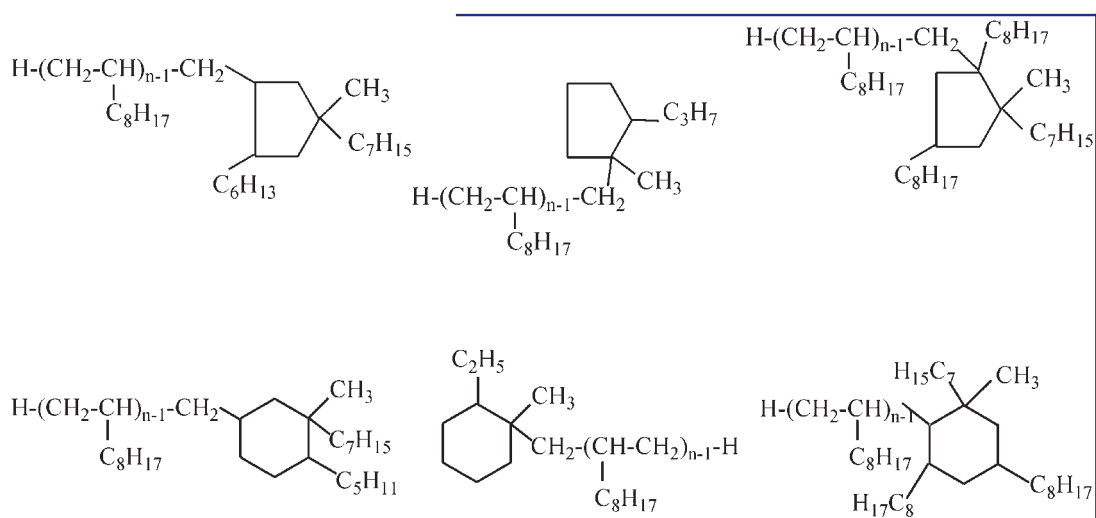
Исследуемые НМ фракции продуктов олигомеризации α -олефинов, получаемых в указанных каталитических системах (ИЖКС-I и ИЖКС-II), были подвергнуты также масс-спектроскопическому (МСА) анализу. Результаты масс-спектроскопического анализа на примере ОФ-1 фракции олигододецена представлены в табл. 2. Некоторые пики в записанной хроматограмме связаны с углеводородными молекулами, имеющими циклические фрагменты, назначение которых представлено в таблице.

Видимо, на хроматограмме ОФ-1 фракции олигомеризации продуктов α -додецена могут быть определены с высокой степенью вероятности (64...96 %), углеводородные структуры, содержащие 3–20-членные циклы. Их содержание изменяется от 0,26 до 3,02 % от общего количества. Надо

заметить, что часть этих циклических структур (особенно 7–8 и более многочисленные из них) могут появиться в результате пост-фрагментации реакции в ионизационной камере или межмолекулярного алкилирования в растущей цепи олигомера в ходе реакции олигомеризации. В то же время наличие нафтеновых циклов с 5–8 атомами углерода в цикле может рассматриваться как прямой результат их присутствия в составе олигомеров.

Ранее [5–9] проведенные анализы (ЯМР-и ИК-спектроскопии) показали, что полученные продукты олигомеризации α -олефинов в присутствии изученных ИЖКС имеют парафинафтеновую структуру и содержат в составе двойные связи в незначительном количестве. Среднее число нафтеновых колец, приходящееся на одну олигомерную молекулу, находится в пределах 0,75...0,90, т.е. близко к единице. По ИК спектрам было установлено, что в ОФ-1 интенсивности полос поглощения нафтеновых колец больше, чем в ОФ-2. Селективное образование олигоалкенафтеновых масел в присутствии ИЖКС, по-видимому, связано, наряду с мягким катионно-активным характером каталитических центров, обусловленным координацией катионных центров с аминным компонентом ионной жидкости, и осуществлением процесса олигомеризации на поверхности раздела фаз между ионно-жидкостным и органическими слоями. Вероятно, что стабилизированные молекулой амина карбоний-ионные центры способны вести, кроме роста цепи, и реакции циклизации. Другие реакции обрыва с отрывом бета-протона оказываются затруднительными.

В общем, в случае n -меризации додецена-1 при $n \geq 3$ продукты олигомеризации могут в основном состоять из различных типов производных циклопентана, циклогексана со следующими общими структурами:



Полученные углеводороды названы олигоалкилнафтеновыми углеводородами, а синтетические масла с соответствующей структурой – олигоалкилнафтеновыми маслами. Наличие нафтеновых колец и отсутствие двойных связей (или присутствие в незначительных количествах) в этих продуктах приводят к использованию их в дальнейшем без процессов гидрирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Цветков О.Н. Нефтехимия смазочных масел // IV Российская конференция (с международным участием) Актуальные проблемы нефтехимии. М. 2012. С. 113–114.
2. Паренго О.П. Современные тенденции развития химии смазочных материалов // IV Российская конференция (с международным участием) Актуальные проблемы нефтехимии. М., 2012. 104 с.
3. Матковский П.Е., Старцева Г.П., Чуркина В.Я., Алдошин С.М. и др. Научные основы и технологическое оформление процесса получения синтетических олигодещеновых масел для автомобильного транспорта // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 787–788.
4. Бекташи Н.Р., Мустафаев А.М., Гусейнов И.А. и др. Хроматографическое исследование закономерностей синтеза галогенсодержащих ненасыщенных полиэфиров // Журнал прикладной химии. 2011. Т. 84. Вып. 7. С. 1211–1217.
5. Ханметов А.А., Аскерова Х.Г., Алиева Р.В., Азизов А.Г. Ионные жидкости в процессах олигомеризации и полимеризации олефинов // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 2010. № 4 (44). С. 309–328.
6. Аскерова Х.Г., Азизов А.Г., Алиева Р.В., Ханметов А.А. Олигомеризация гептена-1 в олигоалкилнафтеновые масла // Сб. тр. IV Междунар. конф. школы по химии и физикохимии олигомеров. Казань, 30 мая – 4 июня 2011. 34 с.
7. Azizov A.H., Aliyeva R.V., Kalbaliyeva E.S. and other. Selective synthesis and the mechanism of formation of the oligoalkyl naphthenic oils by oligocyclization of 1-hexene in the presence of ionic-liquid catalysts // Applied Catalysis A General. 375. 2010. P. 70–77.
8. Азизов А.Г., Асадов З.Г., Ахмедова Г.А. // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 11. 2 (42). 157 с.
9. Заявка на изобретение а 20090279, Азербайджанская Республика, 2009.

"НОВИНТЕХУ" – 20 лет

25 февраля 1993 г. – день рождения ЗАО "НТФ НОВИНТЕХ".

Основной вид деятельности предприятия – разработка, изготовление и поставка датчиков и систем для автоматизации измерений параметров светлых нефтепродуктов и СУГ при приеме, хранении и оперативном контроле на АЗС, АГЗС и нефтебазах, а также для производств химической и пищевой промышленности.

Наша аппаратура производит высокоточное дистанционное измерение уровня продукта и подтоварной воды, температуры, плотности, давления и массы светлых нефтепродуктов, сжиженного газа (СУГ), пищевых и агрессивных жидкостей в одностенных и двустенных резервуарах.

Особое место в деятельности предприятия занимает создание методик по выполнению измерений массы и специализированных программ для конечного пользователя.

Выпускаемая продукция используется для контроля герметичности резервуаров, метрологическая поверка осуществляется без демонтажа оборудования, а изделия сертифицируются Госстандартами России, Беларуси, Украины и Казахстана.

Основными потребителями продукции "НТФ НОВИНТЕХ" являются нефтяные компании России: "Лукойл", "Роснефть", "Татнефть", "Сургутнефтегаз", "Газпромнефть" и др.

За 20 лет деятельности фирмы было разработано несколько поколений датчиков и систем, поставлено потребителям более 7000 комплектов систем и 30 000 датчиков.

КОММЕРЧЕСКИЙ УЧЕТ СУГ С НОРМИРОВАННОЙ ПОГРЕШНОСТЬЮ

Андрей Лакеев, Евгений Равикович, Игорь Цветков ЗАО "НТФ НОВИНТЕХ"

Рассмотрены проблемы коммерческого учета сжиженного углеводородного газа (СУГ) в резервуарах ГНС и АГЗС. Даны алгоритм и последовательность действий методики выполнения измерений (МВИ) массы СУГ с нормированной погрешностью. Приведен подробный пример специализированного программного обеспечения, обеспечивающего вычисления в соответствии с МВИ.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ (СУГ), газонаполнительная станция (ГНС), автоматическая газозаправочная станция (АГЗС), жидкая и паровая фазы СУГ, коммерческий учет по массе, динамический контроль погрешности, методика выполнения измерений (МВИ) массы СУГ, "АРМ Струна МВИ" – специализированное программное обеспечение на базе МВИ.

THE COMMERCIAL ACCOUNTING OF SUG WITH A RATED ERROR

Andrey Lakeev, Evgueniy Ravikovich, Igor Tsvetkov. Employees of ZAO "NTF NOVINTEH"

Issues related to the commercial metering of the liquefied petroleum gas (LPG) in the reservoirs of the Gas-Filling Station (GFS) and Automatic Gas-Refill Station (AGRS) were considered. An algorithm and sequence of actions related to the methods of metering (MOM) the LPG mass as per the prescribed accuracy were given. A detailed example of the specialized software providing the required calculations as per the MOM was given.

Keywords: liquefied petroleum gas (LPG), Gas-Filling Station (GFS), Automatic Gas-Refill Station (AGRS), LPG liquid and vapour phases, mass bill metering, accuracy dynamic check, Methods of Metering (MOM) the LPG mass, "ARM Struna MVI" – specialized software of the basis of the MOM.

Как известно, объективной оценкой количества сжиженного углеводородного газа (СУГ) в резервуарах газонаполнительных станций (ГНС) и автомобильных газовых заправочных станций (АГЗС) является учет по массе.

При этом необходимо выполнение трех условий: автоматизация операций измерений, наличие узаконенных методик определения массы и автоматической обработки результатов измерений.



Для решения этой комплексной задачи специалистами ЗАО "НТФ НОВИНТЕХ" и Росстандарта в 2007 г. была разработана и сертифицирована методика выполнения измерения (МВИ) массы СУГ на базе системы измерительной "Струна" в горизонтальных стальных резервуарах, а также разработано специализированное программное обеспечение АРМ Струна-МВИ.

Характеристика объекта

СУГ имеет двухфазную структуру (жидкая и паровая фазы), что накладывает определенные требования к средствам измерения и МВИ, поскольку общая масса СУГ складывается из масс жидкой и паровой фаз.

При многократных приемах СУГ в резервуары возникают смеси газов.

Если условно объединить этан, этилен, пропан и пропилен в паровой фазе в группу псевдопропана, а бутан, бутилен и пентан в группу псевдобутана, то можно определить псевдосостав реальной смеси СУГ, считая ее смесью пропана и бутана. Данное обобщение целесообразно принять для определения плотности паровой фазы СУГ.

При приеме и отпуске продукта происходит динамическое перераспределение между фазами, а также изменяются давление и температура СУГ в резервуаре.

Давление и плотность паровой фазы существенно влияет на результаты измерений. Отсутствие их учета приводит к увеличению погрешности определения массы СУГ до 30 %.

Из-за возможного расслоения СУГ по высоте необходимо измерение плотности в нескольких точках.

Как правило, для хранения СУГ используются одностенные или двустенные расположенные на поверхности резервуары вместимостью от 3 до 200 м³. С точки зрения коммерческого учета они не отличаются, но двустенные резервуары имеют повышенную экологическую безопасность. Расположение на поверхности предполагает резкие колебания температуры внутри резервуаров.

Резервуары хранения СУГ должны быть проверены по ГОСТ 8.346 [1] и отградуированы. С целью повышения точности измерений погрешность градуировки резервуара должна быть не более 0,2 %.

Средство измерения

В качестве средства измерения используется измерительная система "Струна" [2], определяющая с высокой точностью параметры жидкости с низкой плотностью. Пример расположения датчиков в системе изображен на рис. 1. Для определения плотности паровой фазы СУГ в устройстве устанавливается датчик давления в верхней части резервуара на фланце датчика уровня.

Таблица 1

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Погрешность измерений	Примечание
Уровень	200...4000 мм	± 1 мм	
Плотность	499...599 кг/м ³	± 1 кг/м ³	1–3 точки
Температура	–40...+55 °С	± 0,5 °С	3 точки
Давление	0...1,6 МПа	± 0,7 %	

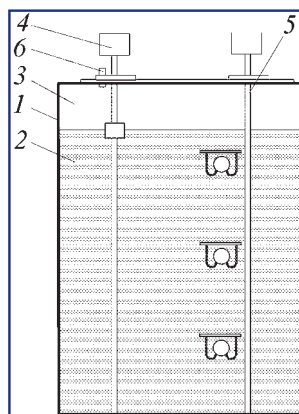


Рис. 1:

1 – резервуар; 2 – жидкая фаза СУГ; 3 – паровая фаза СУГ; 4 – датчик уровня и температуры; 5 – многоточечный погружной датчик плотности; 6 – датчик давления паровой фазы СУГ

Параметры СУГ, необходимые для расчета массы, измеряются с помощью соответствующих каналов системы "Струна" (табл. 1).

Необходимо отметить существенное преимущество системы "Струна" – высокие точностные характеристики измерительных каналов обеспечиваются в рабочих диапазонах изменения температуры, давления и плотности СУГ.

Пример расположения датчиков системы измерительной "Струна".

Это достигается за счет алгоритмов перекрестной коррекции с учетом влияния паровой фазы СУГ, градиента температуры и плотности по высоте СУГ и динамического изменения баланса жидкой и паровой фаз.

Методы измерений

Определение массы жидкой фазы СУГ в резервуаре производят косвенным методом статических измерений. Сущность метода заключается в измерениях уровня, плотности, температуры жидкой фазы СУГ и расчете ее объема и массы. Объем жидкой фазы определяется по градуировочным таблицам на резервуар и измеренным значениям уровня. Массу жидкой фазы СУГ в резервуаре определяют как произведение значений ее объема и плотности.

Определение массы паровой фазы СУГ в резервуаре также производят косвенным методом статических измерений. При этом измеряется уровень, плотность, температура жидкой фазы СУГ, а также

температура и давление паровой фазы СУГ. Затем рассчитываются плотность, объем и масса паровой фазы СУГ. Массу паровой фазы СУГ в резервуаре определяют как произведение значений ее объема и плотности.

Общую массу СУГ в резервуаре определяют как сумму масс жидкой и паровой фаз. Массу СУГ, принятого (или отпущенного) в резервуар (или из резервуара), определяют как сумму (или разность) измеренных масс до и после операции приема (или отпуска).

Описание МВИ

Рассмотрим блок-схему алгоритма измерения массы согласно МВИ [3], приведенную на рис. 2.

Для получения достоверных результатов измерения массы СУГ в устройство введены блок коррекции уровня и блок расчета массы и динамического контроля погрешности измерений. Эти блоки соединяются с блоками обработки сигналов и коррекции уровня, а также с блоком отображения по определенной схеме. В блоке коррекции уровня учитывается влияние плотности паровой фазы СУГ на глубину погружения поплавка датчика уровня.

Блок-схема измерения массы сжиженного углеводородного газа в резервуаре

В блоке расчета массы и динамического контроля погрешности по измеренным значениям средней плотности и средней температуры жидкой фазы СУГ определяется условный компонентный состав жидкой и паровой фазы СУГ, использующий показания датчиков температуры, расположенных в двух фазах СУГ.

При определении массы паровой фазы СУГ производятся следующие действия. Поначалу определяется глубина погружения поплавка уровня с коррекцией с учетом равновесия поплавка уровня в жидкой фазе СУГ. После этого данные параметров плотности, температуры и давления от датчиков системы измерения, расположенных в резервуаре, и откорректированного значения уровня поступают в устройство расчета массы и динамического контроля погрешности измерений, где производится их обработка.

Затем вычисляются объем и средняя плотность паровой фазы СУГ по следующему алгоритму

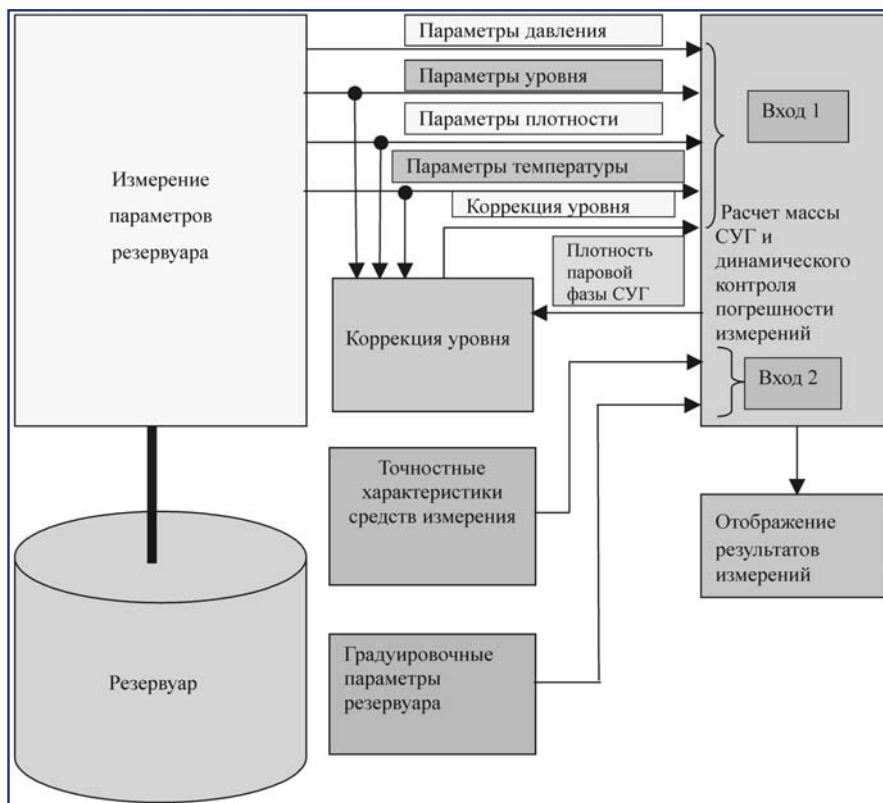


Рис. 2

(рис. 3). При этом температура паровой фазы определяется как среднеарифметическое значение температуры точечных датчиков, расположенных в паровой фазе СУГ.

По интерполяционным таблицам плотности углеводородов, давления насыщенных паров и коэффициентов сжимаемости, приведенных в МВИ и хранящихся в программном обеспечении, методом линейной интерполяции вычисляются:

- значение плотности сжиженных пропана и бутана при соответствующей температуре;
- массовое содержание продукта в жидкой фазе;
- молярное содержание продукта в долях единицы для жидкой фазы СУГ;
- удельная газовая постоянная паровой фазы СУГ;
- коэффициент сжимаемости паровой фазы СУГ.

По измеренным значениям давления, средней температуры и условного компонентного состава паровой фазы рассчитывается средняя плотность с учетом коэффициента сжимаемости паровой фазы СУГ. По скорректированному значению уровня и значениям средней температуры жидкой и паровой фаз определяется объем жидкой и паровой фаз СУГ.

Затем вычисляется масса жидкой, паровой фаз и полная масса СУГ.

Все формульные соотношения, необходимые для проведения вычислений, приводятся в методи-

ке выполнения измерения (МВИ) массы СУГ с помощью устройств "Струна".

Алгоритм расчета средней плотности паровой фазы СУГ

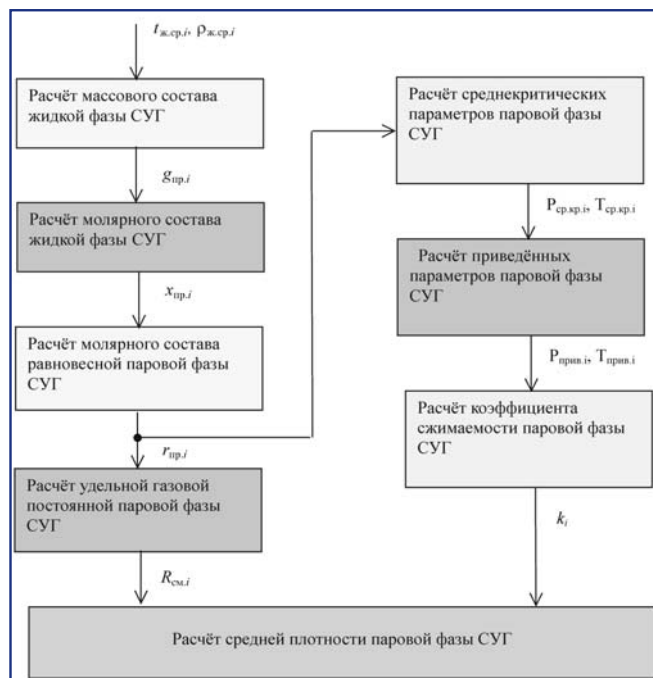


Рис. 3

Динамический контроль погрешности

Одновременно с проведением измерений автоматически осуществляется динамический контроль относительной погрешности измерений. Он включает в себя расчет величины относительной погрешности измерений, сравнение ее с заданной величиной и определяет рекомендуемые значения минимально допустимого уровня при хранении СУГ и минимального изменения уровня при приеме и отпуске СУГ, обеспечивающих соблюдение требований по заданной вручную величине погрешности измерений. Полученные результаты выво-

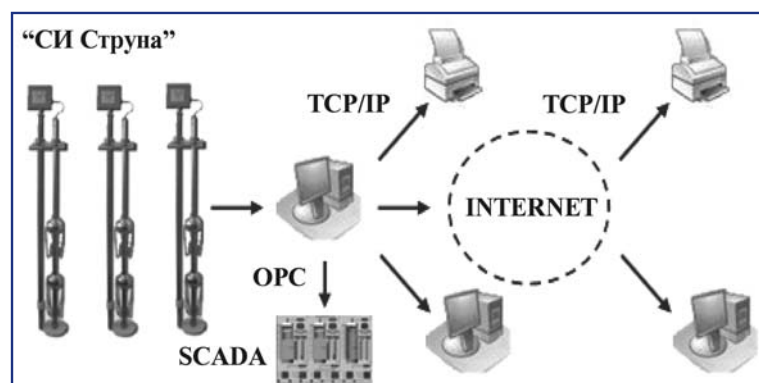


Рис. 4

дятся на блок отображения для удобства работы оператора.

Программное обеспечение для организации коммерческого учета по массе

Для обработки результатов измерения и проведения вычислений по формулам, приведенным в МВИ измерений массы с помощью систем "Струна", требуется значительное время. Ручной обсчет результатов измерений и вычисление многочисленных сложных формул с учетом интерполяционных таблиц практически невозможен.

С целью автоматизации вычислений было разработано программное обеспечение АРМ "Струна" МВИ [4] на основе МВИ для СУГ.

В программе реализованы стандартные функции работы с резервуарным парком – отображение данных на экране, архивирование данных, печать отчетов. Программа предусматривает одновременный просмотр данных резервуарного парка с разных систем "Струна" на компьютерах АГЗС и из удаленного офиса через Интернет. Программы сторонних производителей могут подключаться к АРМ "Струна" МВИ по интерфейсам TCP-IP или OPC (для SCADA-систем) и через таблицу базы данных, что позволяет использовать бухгалтерию 1С (рис. 4). Характерной особенностью ПО является расчет погрешности массы СУГ. Как показало математическое моделирование, важнейшим параметром, влияющим на относительную погрешность массы и остатка жидкой фазы СУГ является уровень заполнения резервуара.

Сетевой доступ к АРМ "Струна" МВИ

Поскольку погрешность массы СУГ не нормирована ГОСТом, то в программе эта погрешность задается вручную. Значение задаваемых погрешностей может находиться в диапазоне от 0,4 до 2,0 %. При этом для малого значения погрешности (0,4 %) получается большая величина минимального уровня жидкой фазы СУГ, а минимально допускаемые дозы принимаемого (отпускаемого) продукта велики. Для высокого значения погрешности (2,0 %) получаются малые величины минимального уровня жидкой фазы СУГ и минимально допускаемых доз принимаемого (отпускаемого) продукта.

При этом для заданного значения погрешности измерения массы СУГ программа автоматически рассчитывает и дает рекомендации по минимальному уровню и минимальным дозам принимаемого (отпускаемого) продукта.

В результате пользователь получает инструмент выбора соотношения уровня и

доз, с одной стороны, и погрешности измерений – с другой, что создает удобство при эксплуатации.

Основные особенности программы АРМ "Струна" МВИ

- **Программа точно рассчитывает массу СУГ.** Известно, что в резервуаре с СУГ при сливе до 4 % топлива может находиться в паровой фазе. Пренебрегать такой массой топлива нельзя. Но рассчитать ее вручную – сложно, а делать это каждый раз – невозможно. В программе АРМ "Струна" МВИ этот расчет выполняется автоматически.

В приведенном ниже примере показаны результаты слива более 7 т СУГ из резервуара. (Заметим, что погрешность массы отпуска, рассчитанная программой по косвенному методу статических измерений, очень мала – 0,38 % !). Как видно, в конце слива масса паровой фазы возросла до заметной величины – 231 кг.

Пренебрежение этой составляющей привело бы к дополнительной погрешности 3,2 % относительно массы отпуска, и 23,8 % относительно массы остатка (рис. 5).

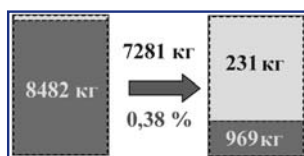


Рис. 5

- Для расчета массы не нужно знать процентный состав СУГ.

Для расчета массы и погрешности программа использует традиционный набор параметров системы "Струна": **уровень, плотность жидкой фазы, температуры жидкой и паровой фазы, давление.** А процентный состав СУГ определяет сама программа.

Из этого вытекает еще одна особенность АРМ "Струна" МВИ:

- **Программа может работать даже с самыми старыми системами "Струна" ранних годов выпуска,** превращая их для пользователя в инструмент измерения массы.

- **Разные типы топлива в одном резервуарном парке.** Хотя данная статья посвящена работе с СУГ, программа также поддерживает и другие типы топлива, объединяя все резервуары в один визуальный ряд. При этом необходимо сказать, что для светлых нефтепродуктов и керосина расчет производится также по утвержденной методике МВИ.

- **Накопление данных по учетным операциям и измерениям, печать отчетов.**

- **Просмотр с разных компьютеров, в сети предприятия и через интернет.** Для удобства пользователя программа предоставляет возможность проведения учетных операций, мониторинга данных и

печати отчетов со всех компьютеров сети предприятия и через Интернет.

Практическое применение АРМ "Струна" МВИ для учета по массе СУГ

В качестве примера осуществим в программе АРМ "Струна" МВИ отпуск из резервуара № 1. Данный резервуар – горизонтальный, с диаметром 2000 мм, плотностью жидкой фазы СУГ 550 кг/м³ и температурой 20 °С.

Операции приема/отпуска осуществляются в специальном окне программы. Откроем его нажатием на кнопку "МВИ" главной формы (рис. 6, поз. 1).

Примечание. Указанные в таблицах величины масс со знаком "+" соответствуют принятой массе СУГ, а со знаком "-" – отпущенной.

В верхней части окна расположена область вывода рассчитанных программой рекомендаций по приему, отпуску и хранению нефтепродукта (рис. 7, поз. 1).

Согласно выведенным рекомендациям для отпуска, чтобы погрешность массы отпуска не превышала 0,65 %, необходимо слить продукт как минимум до уровня 339 мм. При этом ориентировочная минимальная доза отпуска будет составлять 2889 кг. Переведем резервуар № 1 в режим отпуска нажатием на кнопку "отпуск" (рис. 7, поз. 2).

Вид окна изменится, как показано на рис. 8.

Произведем слив СУГ из резервуара № 1 до рекомендованного уровня – 339 мм.

Значение массы и погрешности отпущенного СУГ тут же отобразится в окне.

Как видим, значение отпущенной массы СУГ – 2743 кг рассчитано с требуемой погрешностью – 0,65 % (рис. 9, поз. 1).

Теперь осталось только завершить процесс слива и перевести резервуар в режим хранения нажатием кнопки "Хранение" (рис. 9, поз. 2). После чего в нижней части окна отобразятся параметры произведенного отпуска (рис. 10, поз. 1).

Для сравнения приведем результаты отпуска СУГ из того же резервуара без соблюдения рекомендаций МВИ. Как и в предыдущем случае, начальный уровень СУГ зададим 905 мм. Слив произведем до уровня 500 мм. При массе отпущенного СУГ – 2045 кг погрешность составит уже 0,9 % и выйдет за пределы заданного допуска. Полученные результаты наглядно объясняются графиком, изображенным на рис. 11.

Как видим, зависимость погрешности расчета дозы отпуска от изменения уровня СУГ почти гиперболическая, и в данном случае не может опуститься ниже 0,5 % при любой дозе отпуска.

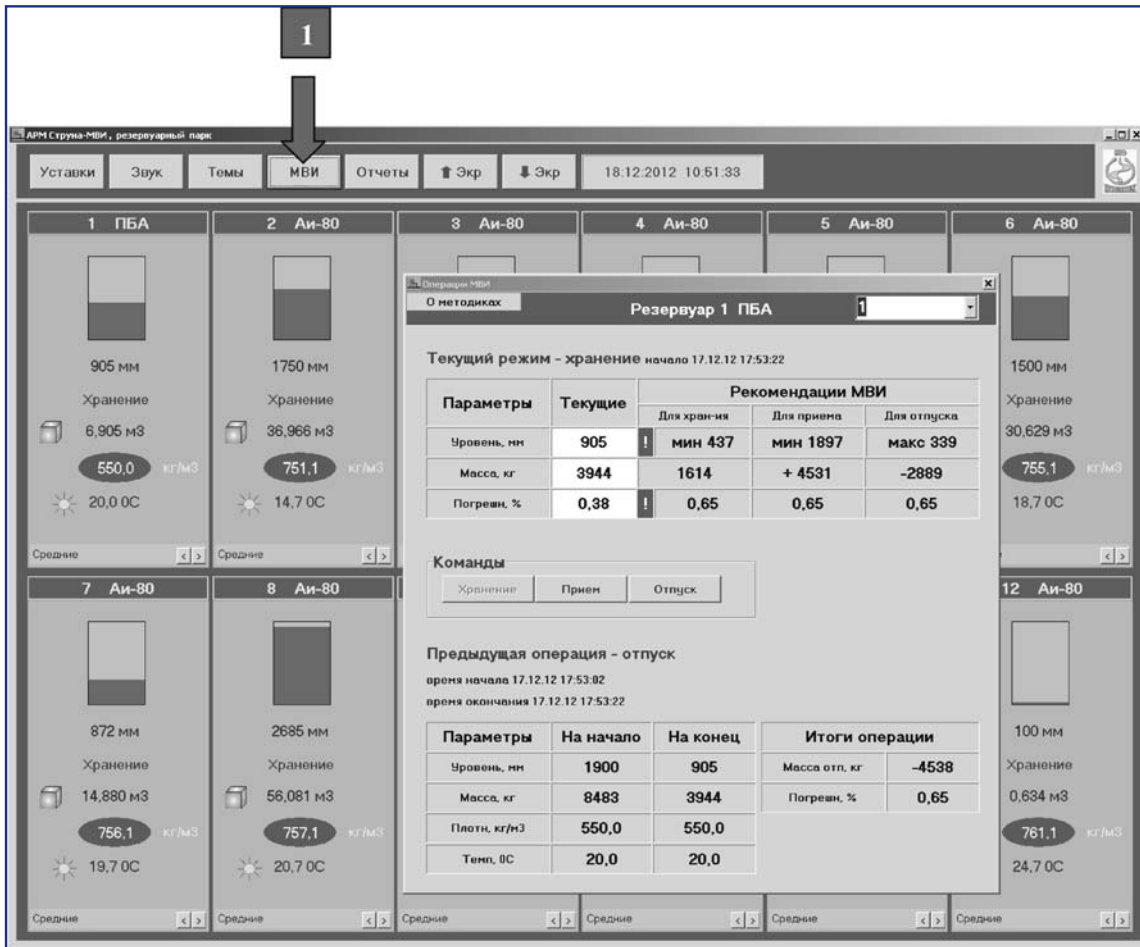


Рис. 6

Тем не менее, при сливе уже одной трети от общей массы СУГ погрешность укладывается в норму. Таким образом, пользуясь подсказками – рекомендациями МВИ, можно значительно повысить точность учета по массе при отпуске из резервуара.



Рис. 7

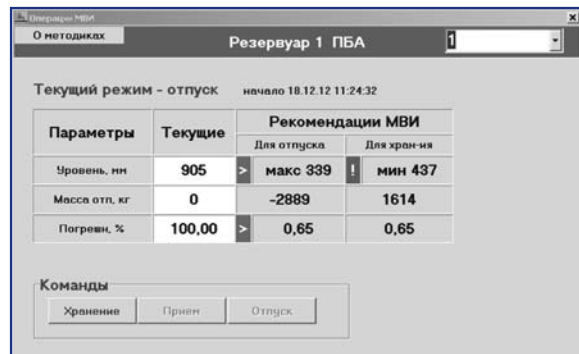


Рис. 8

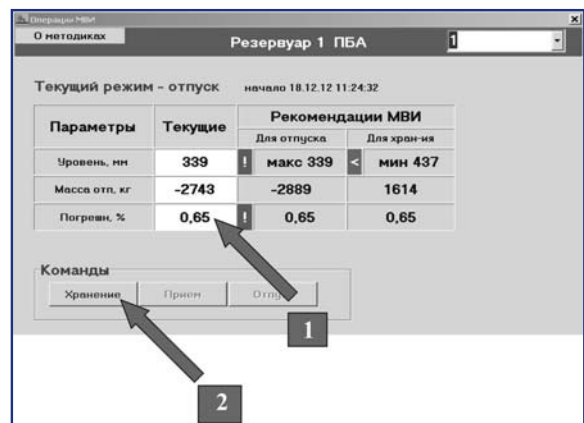


Рис. 9

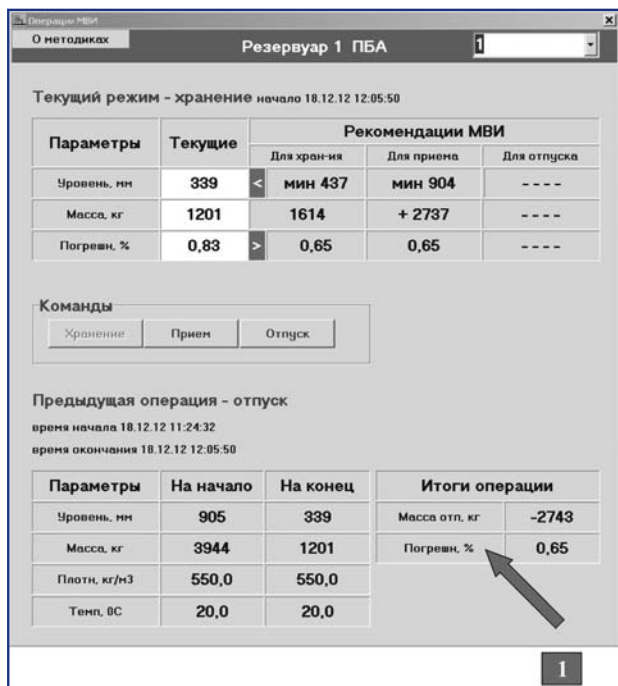


Рис. 10

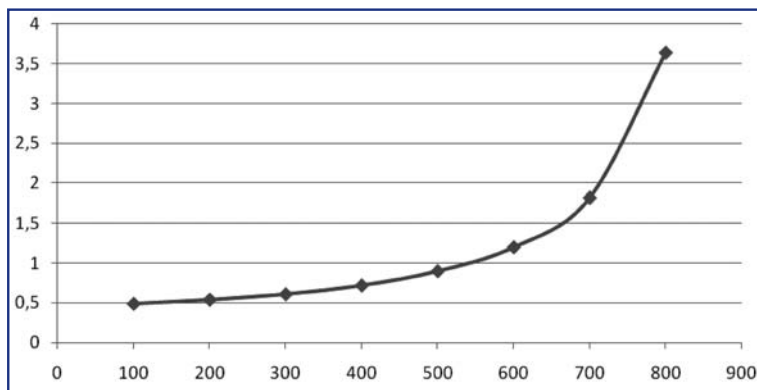


Рис. 11

Приведем также полученный в результате математического моделирования аналогичный график отпуска из полностью заполненного резервуара (рис. 12).

Как видим, в случае полного слива из резервуара погрешность дозы отпуска понижается до величины 0,32...0,33 %. Такая высокая точность позволяет успешно использовать резервуар как средство

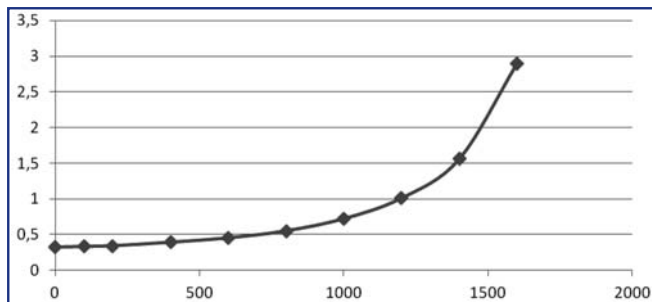


Рис. 12



Рис. 13

контроля при розничной торговле СУГ, путем подсчета итогов отпуска за большой промежуток времени, например, за смену.

Еще одну дополнительную возможность программа АРМ "Струна" МВИ предоставляет пользователю при приеме топлива в резервуар.

Выполнение операции приема в программе производится аналогично вышеописанной операции отпуска. Поэтому приведем лишь конечный вид формы.

МВИ после завершения операции приема СУГ в пустой резервуар № 1 (рис. 13, поз. 1).

В данном примере масса 8222 кг принята с погрешностью 0,33 %. Располагая этими данными, можно уверенно оценивать реальную массу СУГ, привезенную газозом, избегая, таким образом, конфликтов с поставщиком.

Вообще можно сказать, что прием больших объемов СУГ будет происходить с высокой точностью, что подтверждается приведенным ниже графиком зависимости погрешности массы принятого СУГ от конечного уровня наполнения, составленным для резервуара № 1.

Еще более перспективно использование возможностей АРМ "Струна" МВИ при инвентаризации остатков СУГ в резервуарном парке. Нажатием на кнопку "Темы" главной формы выберем тему отображения "Масса". После этого главная форма примет вид, показанный на рис. 15.

Здесь для каждого резервуара выводятся значение текущей массы и ее погрешности (справа от значка – поз. 1 на рис. 15), массы приема или отпуска и ее погрешности (справа от значка – поз. 2 рис. 15).

Мы видим, что для резервуара № 1 запомнены параметры только что произведенного отпуска – отпущено 2743 кг с погрешностью 0,65 %, а текущая масса – 1201 кг рассчитывается с погрешностью 0,83 %. Резервуар № 2 при текущей массе 36 512 кг и погрешности 0,28 % еще находится в ре-

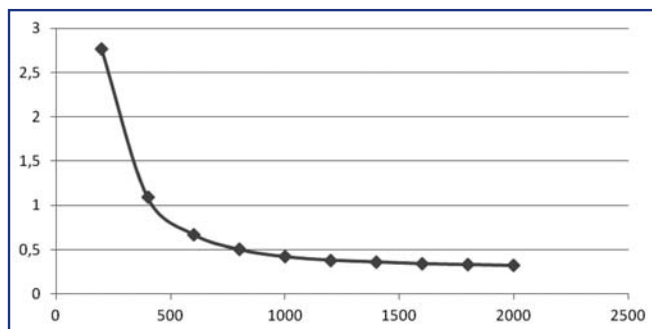


Рис. 14

Таким образом, располагая для каждого резервуара погрешностью текущей массы (остатка), программа, осуществляющая на предприятии инвентаризацию, сможет задать обоснованную величину допуска колебаний значения остатка.

В заключение скажем, что все сделанные здесь выводы и приведенные цифровые данные и графики базируются на высоких точностных характеристиках системы измерительной "Струна" (поскольку погрешность массы является величиной, зависящей от погрешности первичных измерительных параметров).

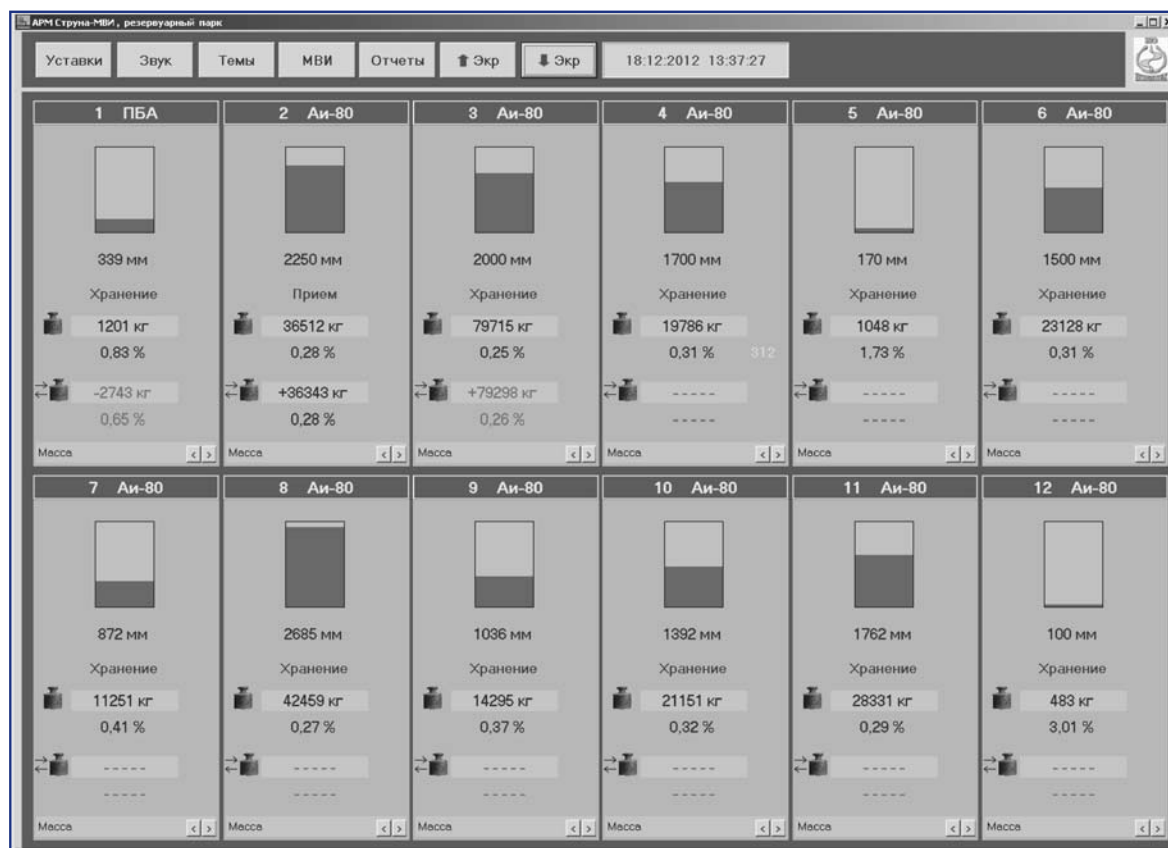


Рис. 15

жиме приема, причем текущая принятая масса 36 343 кг рассчитывается с погрешностью 0,28 %.

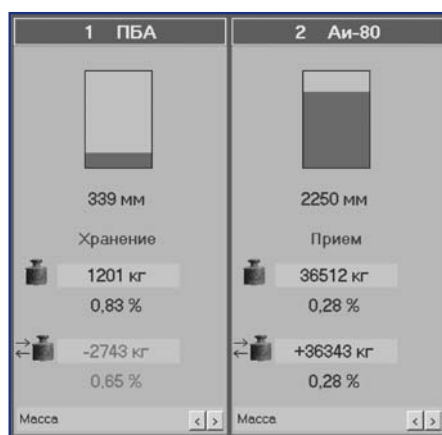


Рис. 16

Многочисленные испытания и практика эксплуатации с 2007 г. подтвердили актуальность МВИ и востребованность разработанного программного обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **СТ 8.346–2000.** Государственная система обеспечения единства измерений. Резервуары стальные горизонтальные цилиндрические. Методика поверки.
2. **Официальный сайт** <http://www.novinteh.ru> "Общее описание системы "Струна". Эксплуатационная документация".
3. **ФР.1.29.2007.03952.** Масса сжиженных углеводородных газов. Методика выполнения измерений в стальных резервуарах системами измерительными "Струна"
4. **Программное** обеспечение АРМ "Струна" МВИ. Руководство системного программиста.

ОСОБЫЕ СЛУЧАИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С.Л. Давыдова, академик Российской экологической академии, доктор химических наук, профессор Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

Рассмотрены экологические проблемы в результате умышленного загрязнения окружающей среды, приводящего, как правило, к необратимым и трудноустраняемым последствиям, которые могут иметь и глобальный характер.

Ключевые слова: экологический терроризм, нефтяные отходы, радиоактивные отходы, зеленый радикализм.

SPECIAL CASES OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

S.L. Davydova, academician of the Russian Ecological Academy, doctor of chemical sciences, professor of the Institute of Petrochemical Synthesis named A.V. Topchiev RAS

The ecological problems as a result of intentional pollution of the environment, leading usually irreversible and difficult to avoidable consequences that can have a global character are discussed in the article.

Keywords: eco-terrorism, oil waste, radioactive waste, green radicalism.

Взаимодействие человека и природы рассматривается сейчас как глобальная экологическая проблема, а комплекс наук, связанный с ней, называется "глобальной экологией". Антропогенное воздействие на окружающую среду, как фактор возникновения экологического кризиса, приобретает особую актуальность, поскольку результаты его, в свою очередь, воздействуют непосредственно на человека. Рассмотрим особый аспект таких воздействий — так называемый экологический терроризм.

Террористические атаки осенью 2001 г. против США подняли проблему самого выживания человечества, поставили перед наукой задачу переосмысления терроризма как явления современности и как угрозы международной безопасности. Ситуация в мире заметно осложнилась тем обстоятельством, что отсутствие очевидных и локализованных источников угрозы лишает конкретные антитеррористические меры адресности. Это не только снижает эффективность борьбы с терроризмом, но и прибавляет к числу жертв террора не меньшее число столь же невинных жертв антитеррора. В конечном итоге это имеет следствием рост напряженности в обществе. По этой причине борьба с терроризмом является делом, требующим большой осторожности.

В современной литературе под экологическим терроризмом понимаются совершенно разные явления:

- деятельность или халатность, приводящая к ухудшению природной среды;
- радикальные акции "зеленых" в защиту окружающей среды;

— действия, направленные на умышленное загрязнение природной среды, или соответствующие угрозы — с целью нанесения противнику экологического урона, например, с помощью разлива или сжигания нефти;

— террористами выдвигаются политические, религиозные или идеологические требования.

Российские экологи считают, что именно такая трактовка наиболее соответствует содержанию понятия "экологический терроризм". Комбинированный вид терроризма более опасен, чем отдельные его разновидности, поскольку насильственные действия применяются и к гражданам, и к их собственности опосредованно, через природную среду; в дальнейшем существование человека будет затруднено или даже невозможно. Экологический терроризм приводит, как правило, к необратимым и трудноустраняемым последствиям, которые могут иметь и глобальный характер. Достаточно напомнить, что при радиоактивном загрязнении террористами окружающая среда может остаться непригодной для жизни на многие сотни, даже тысячи лет.

Ярким примером того, как загрязнение окружающей среды может быть использовано в качестве оружия, стала война в Персидском заливе 1991 г. [1]. Уходя из Кувейта, армия Ирака умышленно повредила нефтепроводы и выпустила большое количество сырой нефти в Персидский залив, в результате чего там погибли морские животные, рыбы, черепахи и птицы. Иракские солдаты подожгли в Кувейте около 600 нефтяных скважин, вызвав пожары, продолжавшиеся почти год. По этой причине в регионе

ежемесячно осаждалось около 800 000 т нефтяной сажи и выпадали серноокислые дожди. Экологическая обстановка была восстановлена лишь через несколько лет.

Умышленное загрязнение окружающей среды может быть использовано не только в военных целях, но и как аргумент при отстаивании определенных прав. Так, в июле 2000 г. доведенные до отчаяния рабочие ликвидируемой текстильной фабрики на севере Франции вылили в реку около тысячи литров серной кислоты, что оказалось губительным для речной флоры и фауны целого района. Их требования были выполнены администрацией в полном объеме, но это событие потрясло всю страну. Один из первых примеров экологического терроризма — разлив нефти в результате сознательных действий со стороны недовольных членов экипажа итальянского танкера "Лаура Д'Амато" в 2002 г. В гавани г. Сиднея одновременно вылили, по разным оценкам, до 80 000 л сырой нефти, что привело к серьезным экологическим последствиям.

Экологические диверсии особенно опасны на предприятиях атомной промышленности. Подобные попытки уже были предприняты в начале 2000 г., когда безработный японец пытался взорвать ядерный завод вблизи Токио.

Все же в настоящее время главные угрозы терроризма связаны с применением химического и бактериологического оружия, которое проще и дешевле в изготовлении и наиболее доступно террористам. И то и другое может быть применено не только для непосредственного уничтожения людей, но и для заражения продуктов, запасов питьевой воды, водоемов, почтовых отправок — то есть всего, чем пользуется население.

Известны примеры экологических терактов с применением химического оружия, когда террористы на Кавказе многократно поджигали бочки с нефтью или с отравляющими веществами. Был нанесен ущерб не только российской армии, мирному населению, но и почве и водным источникам. Подобные действия не оставляют сомнений в их террористическом характере. К экологическому терроризму можно также отнести и другие случаи:

- прямое уничтожение техногенно опасных объектов;
- препятствование проезду железнодорожных вагонов с нефте- и радиоактивными отходами;
- уничтожение посевов генномодифицированных культур;
- выпуск на волю животных из вивария и др.

Случаи "зеленого радикализма" впервые были зарегистрированы в середине 1990-х гг., но широкого распространения действия такого рода не получили. Международные эксперты предсказывают в недалеком будущем активизацию деятельности этих организаций и их переход к противоправным действиям,

поскольку они не имеют иной возможности заставить правительства считаться с собой. Сказать трудно, какие формы обретет "зеленый радикализм", какие методы возьмет на вооружение, но вторжение его в нашу жизнь будет опасным. "Зеленый радикализм" пока не приводил к человеческим жертвам, а если и наносил материальный вред в виде убытков или упущенной выгоды, то только тому субъекту, которому уже нанесен ущерб.

Отношение общественности к действиям "зеленых радикалистов" неоднозначно. Оно в широком диапазоне — от осуждения и отрицания до одобрения из-за благородных намерений. Противники "зеленых радикалов" тоже известны. Иркутские бизнесмены ставят в вину российским экологами создание антирекламы целому региону, из-за которой теперь Байкал считается самым грязным озером планеты! Критическая кампания была развернута с целью привлечь внимание общественности к проблемам самого озера, но теперь в район Байкала не едут туристы и не поступают инвестиции. Подобные непродуманные действия влекут за собой юридическую ответственность "зеленых радикалов", компрометируя движение в целом. Насильственные акты со стороны "зеленых" организаций провоцируют государственных деятелей на крайние меры против всех экологических объединений.

Эксперты ООН считают сегодня необходимым введение санкций за порчу собственно экологической среды, поскольку становится очевидным, что указанные проблемы имеют негативные не только региональные, но и глобальные последствия.

Угроза международного терроризма с начала текущего века заставила переосмыслить сложившиеся представления о государственной безопасности России, в том числе и об экологической безопасности. Российской Федерации в целом и отдельным ее субъектам предстоит решать сложнейшие проблемы по усилению контроля и охраны в санитарных защитных зонах, а также защите воздушного пространства над предприятиями атомной, химической и нефтяной промышленности [2]. Борьба с международным терроризмом требует срочных разноплановых действий мер, в том числе и с участием армии. В современных условиях военная экология становится важной наукой о последствиях деятельности вооруженных сил в условиях все ухудшающегося качества окружающей среды и растущего дефицита потребляемых природных ресурсов, в первую очередь топливных. Использование невозобновляемых топливных ресурсов (нефти и ее разнообразных фракций) в военных целях ("Буря в пустыне" 1991 г., события в Югославии 1998 г., "Шок и трепет" 2003 г.), а также последствия аварийных ситуаций при перевозке нефти (от танкера "Амоко Кадис" в 1981 г. до танкера "Престиж" в 2002 г.) потребовали разработки отдельной ветви промышленной экологии, так называемой военной экологии [3].

Выброс в окружающую среду нефтепродуктов и продуктов их горения имел место в результате военной операции "Шок и трепет" в 2003 г. в Ираке, но последствия этого выброса еще до конца так и не исследованы. После операции "Буря в пустыне" 1991 г. в Персидском заливе большая часть нефтяных загрязнений была отмечена при спуске топлива из терминала в Си-Айленде. Кроме того, известны последствия разрушения сборников-очистителей в Хафджи, а также от бомбардировок авиацией нескольких иракских танкеров.

По оценкам комиссии ОПЕК, обследовавшей в 1991–1992 гг. 150 береговых участков Ирака, количество загрязнявшей территорию нефти составило 1,7 млн баррелей. В целом, в результате войны 1991 г. в Персидском заливе общий объем пролитой нефти составил 2 млн баррелей. Из них 1,4 млн баррелей было удалено из воды (главным образом с поверхности), а примерно 30 % испарилось, загрязнив воздушную сферу обширного региона. Совершенно необследованными оказались нефтяные отложения на морском дне. Трудной проблемой стала ликвидация собранной в море и на суше нефти, содержащейся многие месяцы во временных емкостях на территории региона.

По данным ОПЕК, на ликвидацию последствий войны в Персидском заливе всего было ассигновано более 450 млн долл. — такова цена экологических последствий одного лишь вооруженного конфликта.

Крупные аварии и катастрофы на объектах армии и флота по своим последствиям могут быть сравнимы с аварией на Чернобыльской АЭС. В результате нормальной жизнедеятельности войск или флота на природную среду воздействуют твердые и жидкие радиоактивные отходы, вырезанные реакторные отсеки атомных подводных лодок, химически загрязненные территории и акватории, бытовые отходы и сливные воды кораблей флота. Главное здесь — снизить экологическую опасность от существующих образцов техники путем модернизации или применения специальных технических и организационных мер. Среди них можно выделить утилизацию и надежное захоронение радиоактивных отходов, а также очистку акваторий и территорий базирования войск и флота от загрязнений нефтепродуктами.

Поскольку акватории океанов и морей все шире используются военным и торговым флотом, это сопровождается увеличением содержания в морской воде загрязняющих веществ. Ежегодно в море попадает некоторое количество нефти, поступающей со сточными водами с суши и с объектов на море, в том числе при рядовой эксплуатации кораблей и судов.

Особое опасение в начале нового века вызывает загрязнение Мирового океана нефтью и нефтепродуктами, которое имеет место из-за сбросов с кораблей, танкеров или с береговых служб [5].

Разлитая нефть растекается на поверхности воды на сотни миль, образуя целые нефтяные поля, движущиеся под действием ветра и морских течений в не-

предсказуемом направлении. Под действием локальных условий — течение, ветер, температура воздуха и воды, солнечная радиация, микробиологические факторы — пролитая нефть (особенно тяжелые ее фракции) обычно загустевает в вязкую массу, которая налипает на береговую черту, гидротехнические сооружения и суда, губит растительность, птиц и животных. Подводный и надводный флот с атомным энергообеспечением (вследствие аварий, сброса радиоактивных газов, утечек теплоносителей) создает предпосылки для попадания радиоактивных продуктов в Мировой океан.

Суда, которые способны обеспечивать очистку загрязненных вод до допустимого содержания нефти (примерно 15 мг/л), имеют право производить сброс уже очищенных вод прямо в море на расстоянии не менее 12 миль от берега, при этом делается запись в "Журнале нефтяных операций". Наиболее загрязненную часть сбрасывать в море запрещено, она должна сохраняться на борту в опломбированных приемниках. Встречаются и особые случаи, когда сброс нефтяной массы необходим из-за повреждения корпуса судна.

Капитан решает вопрос о степени угрозы загрязнения нефтью акватории и береговой линии и о необходимости вызова спасательных служб. Пример танкера "Престиж" в 2002 г. продемонстрировал неверное поведение капитана и команды, приведшее к катастрофическим последствиям у западных берегов Испании, Португалии, всего Бискайского залива, где были погублены места рыбного лова и международные курорты [4].

На флотах и военно-морских базах имеются технические планы по ликвидации нефтяных загрязнений и оказанию помощи потерпевшему судну. Важнейшим при ликвидации разлива является обязательный учет скорости дрейфа нефтяного пятна, что составляет 4 % от скорости ветра. Нефтяное загрязнение, возникающее из-за разлива одной тонны сырой нефти летом, образует на поверхности воды пленку толщиной 1 мм и размером в 1 км².

Средствами локализации разлива нефти являются боны негорючие, пленочные, локальные, передвижные и стационарные. Танкерный флот в случае аварийной ситуации использует и механические нефтесборники, и это единственный путь, полностью безопасный для морской флоры и фауны. Применение разнообразных химических препаратов, таких как "Путидойл", ввиду их токсичности для обитателей моря оправдано только в случае невозможности собрать нефть механически. Более безопасно для флоры и фауны моря сбрасывать на воду или в прибойную полосу рыхлые материалы, способные поглощать нефть. Затем пропитанные маслянистой нефтью угольный порошок, бумагу или опилки уничтожают в специальных местах, а загрязненный песок и гальку зарывают в глубине берега. Неутилизируемые шламы от переработки нефти и замазанные материалы сжигают в специальных устройствах.

ПДК нефтепродуктов, мг/м³ (а и б) и мг/л (в)

Продукт	а ПДК с.с.*	б ПДК р.з.**	в ПДК в воде
Бензины	1,5	100	0,1
Бензин	0,05	—	1,5
Керосин	—	300	0,1
Масла	—	5,0	1,0
Бензол	0,1	5,0	0,5
Нефть	—	—	0,3

Примечание. * — среднесуточное загрязнение; ** — разовое загрязнение.

Приведем предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых нефтепродуктов в воздухе и в воде водоемов. В основном нефтепродукты считаются токсикантами IV класса, и самые ядовитые среди них — это бензины, содержащие непредельные углеводороды и тяжелые остатки нефтей, обогащенные ароматическими соединениями, например бензолом (см. табл.)

Попадая в организм человека и животных, нефтепродукты вызывают заболевания органов дыхания и центральной нервной системы. Их опасность увеличивается в связи с большой подвижностью, поскольку они могут перемещаться по почве, воде, воздуху. В результате их действия в водоеме при концентрации 0,05...0,1 мг/л погибает икра и вся молодь, выше 0,1...1,0 мг/л — планктон, 10...15 мг/л нефтепродукта уже смертельны для взрослых особей рыб. Выжившая в этих условиях рыба имеет нефтяной запах и практически несъедобна, а 1 кг керосина или дизельного топлива делает непригодным для потребления 2000 л пресной воды как питьевой. Тяжелые фракции нефти оседают на придонной, береговой и плавающей растительности как длительный источник загрязнения морской воды.

Увы, процесс самоочищения водоема происходит в течение длительного времени. Нефтепродукты медленно окисляются аэробными бактериями до менее вредных и даже безвредных продуктов (в теплый сезон). При исходной концентрации нефти 1 мг/л в теплое время года процесс самоочищения водоема завершается к концу месяца. При температуре воды 5...10 °С бактериальное разложение нефти прекращается, и она сохраняет свои токсичные свойства продолжительное время.

Современная военная авиационная техника и обеспечивающие ее работу наземные службы также

способны оказывать сильное негативное воздействие на окружающую среду. Боевые самолеты, вертолеты, аэродромы, склады авиационного горючего, радиолокационные системы давно являются источниками загрязнения. Наиболее распространенным топливом являются авиационные керосины (ПДК = 300 мг/м³), в которых имеется увеличенное содержание циклических и ароматических углеводородов, что в значительной степени повышает токсичность авиационного топлива.

Источниками загрязнения в таких случаях являются: проливы при заправке, слив остатков из баков топливных систем летательных аппаратов, сброс невыработанного топлива из самолетов в воздух при авариях. Авиационные газотурбинные двигатели дают повышенное задымление только на взлете—посадке, поэтому причина максимального неблагоприятного воздействия на окружающую среду находится именно в районе аэродромов. При небрежном обращении с топливом на аэродромах возникают участки с топливной золой, наземные и подземные лужи керосина и горючесмазочных средств [3].

Велики и масштабы применения самого авиационного топлива. Известно, что масса топлива, необходимого для обеспечения полета, равна от 30 до 60 % взлетной массы самолета. Для самолетов невыработываемый (и несливаемый) остаток топлива при возвращении на базу достигает 3...4 % от их полной заправки.

Еще больший экологический риск возникает в случае использования авиационной техники при взлете и посадке на авианесущем корабле, при дозаправке в воздухе и осуществлении воздушно-десантных операций. Понятно, что безопасность авиационной техники во многом зависит от исправности подачи топлива в двигатель, правильного управления перекачиванием, заправки-слива топлива на земле или в полете.

Перечисленные проблемы топливной и военной экологии в начале XXI в. встают наиболее остро. Они требуют принятия безотлагательных и действенных мер со стороны не только России, но и мирового сообщества в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдова С.Л., Тепляков В.В. Экологические проблемы нефтепереработки. М.: Изд-во РУДН, 2010.
2. Давыдова С.Л., Тогасов В.И. Нефть и нефтяные продукты в окружающей среде. М.: Изд-во РУДН, 2004.
3. Михайлов Н.В. Военная экология. М.: Изд-во "Русь-СВ", 2000.
4. Давыдова С.Л., Тогасов В.И. Ресурсные и экологические особенности нефтегазового производства. М.: Изд-во РУДН, 2007.
5. Давыдова С.Л., Тепляков В.В. Углеводородное топливо и его воздействие на окружающую среду. М.: Изд-во РУДН, 2012.

МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ КВАЛИМЕТРИИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БЕНЗИНОВ

А.Е. Краснов, С.А. Красников, А.В. Костров

В статье описано построение экспертной системы контроля качества углеводородных соединений по инфракрасным спектрам молекулярного поглощения. Представлена общая характеристика и структура системы. Показана реализация и функционирование разработанной экспертной системы.

Ключевые слова: спектральная компьютерная квалиметрия, экспертная система, углеводородные соединения.

METHOD OF SPECTRAL COMPUTER QUALIMETRY IN THE QUALITY CONTROL SYSTEM OF GASOLINES

Krasnov A.E., Krasnikov S.A., Kostrov A.V.

This article describes the construction of an expert system of quality control of hydrocarbon compounds on the infrared spectra of molecular absorption. A general description of the and structure of the system is presented. The realization and functioning of the developed expert system is shown.

Keywords: spectral computer qualimetry, expert systems, hydrocarbon compounds.

Метод *спектральной компьютерной квалиметрии* (СКК), детально изложенный в [1], предполагает построение системы контроля качества той или иной среды как специализированной *экспертной системы* (ЭС) [2]. Специфика ЭС определяется, прежде всего, особенностями среды, свойства которой подвергаются контролю; кроме того, существенную специфику привносит то, что в основу экспертной оценки качества положены спектральные характеристики – достаточно сложный информационный объект.

При построении ЭС контроля качества бензинов будем считать, что наблюдаемый спектр $S(\nu)$ углеводородного соединения неизвестной марки описывается моделью

$$S(\nu) = S_m(\nu, k) + H_m(\nu, k), \quad (1)$$

где $S_m(\nu, k)$ – спектры оптической плотности используемого диапазона

электромагнитных волн, определенные для каждого волнового числа ν для k -го образца

($k=1, 2, \dots, K$) известного углеводородного соединения m -й марки ($m=1, 2, \dots, M$); $H_m(\nu, k)$ – неизвестные случайные спектральные функции, описываемые усеченными нормальными распределе-

ниями вероятностей, с нулевыми средними $\overline{H_m(\nu, k)} = 0$ и неизвестными дисперсиями $\sigma_{H_m}^2(\nu, k)$.

Модель (1) характерна для измерения спектров оптической плотности образцов, помещенных в толстые кюветы ($L \cong 100 \dots 1000$ мкм).

В модели (1) считается, что наблюдаемый спектр $S(\nu)$ является зашумленной версией какого-либо полностью известного спектра $S_m(\nu, k)$, измеряемого с известными дисперсиями $\sigma_S^2(\nu)$, определяемыми точностью $\sigma_S(\nu)$ используемого инструментального средства при измерении спектра поглощения для данного волнового числа ν .

В этих условиях возможно идентифицировать известный спектр и, как следствие, марку неизвестного углеводородного соединения, используя статистику в виде мер сходства наблюдаемого спектра $S(\nu)$ с известными спектрами $S_m(\nu, k)$ [1]

$$\mu[S, S_m(k)] = 1 / \left[1 + \sum_{\nu_{\min}}^{\nu_{\max}} \gamma_m(\nu) \frac{[S(\nu) - S_m(\nu, k)]^2}{\sigma_S^2(\nu)} \right], \quad 0 \leq \mu[S, S_m(k)] \leq 1, \quad (2)$$

где $\gamma_m(\nu)$ – идентификационные значимости волновых чисел спектров m -й марки, зависящие от амплитуд спектров. Например, $\gamma_m(\nu) = 1$, если $S_m(\nu, k) < 1,5$ и $\gamma_m(\nu) = 0$, если $S_m(\nu, k) \geq 1,5$.

Идентификационные значимости $\gamma_m(\nu)$ необходимы для фильтрации спектральных значений, соответствующих аппаратным искажениям ИК-спектров, проявляющихся при больших оптических плотностях. При этом в (2) суммирование осуществляется по всем волновым числам выбранного диапазона электромагнитных волн, количество которых определяют отношением ширины диапазона к спектральной разрешающей способности $\Delta\nu$

$$K_\nu = \frac{\nu_{\max} - \nu_{\min}}{\Delta\nu} \quad (3)$$

При регистрации спектров оптической плотности углеводородных соединений, помещаемых в тонкие кюветы ($L \cong 0,5 \dots 10$ мкм), наблюдаемый спектр $S(\nu)$ образца неизвестной марки описывается моделью

$$S(\nu) = \vartheta S_m(\nu, k) + H_m(\nu, k), \quad (4)$$

аналогичной модели (1) с той разницей, что масштабный коэффициент ϑ неизвестен. В этих условиях возможно идентифицировать известный спектр и марку углеводородного соединения, используя статистики в виде мер сходства наблюдаемого спектра $S(\nu)$ с известными спектрами $S_m(\nu, k)$

$$\mu[S, S_m(k)] = \frac{\left(\sum_{\nu_{\min}}^{\nu_{\max}} \gamma_m(\nu) \frac{S(\nu) S_m(\nu, k)}{\sigma_S^2(\nu)} \right)^2}{\sum_{\nu_{\min}}^{\nu_{\max}} \gamma_m(\nu) \frac{S^2(\nu)}{\sigma_S^2(\nu)} \sum_{\nu_{\min}}^{\nu_{\max}} \gamma_m(\nu) \frac{S_m^2(\nu, k)}{\sigma_S^2(\nu)}} \quad (5)$$

$0 \leq \mu[S, S_m(k)] \leq 1.$

Идентификацию неизвестной марки углеводородного соединения будем производить методом "ближайшего соседа", относя испытуемый образец к той марке m^* , для которой мера сходства $\mu[S, S_m(k)]$ примет наибольшее значение, т.е. $m^* = \arg \max_{m, k} \{ \mu[S, S_m(k)] \}.$

После идентификации марки углеводородного соединения приступим к расчетам его физико-химических показателей качества. Как показано в [1], параметризация зависимости спектра оптической плотности от физико-химического показателя качества приводит к обратной нелинейной задаче – нелинейной связи оцениваемого физико-химического показателя качества со спектром оптической плотности. Поэтому будем использовать непараметрическую интерполяцию.

Общая характеристика экспертной системы контроля качества углеводородных соединений. Представленная математическая модель использована при построении экспертной системы ЭС "ПАК-Б-эксперт" оценки качества бензинов; ее общая структура представлена на рис. 1, общий вид пользовательского интерфейса локального варианта системы – на рис. 2. При построении данной системы, помимо представленных математических моделей, использовался многолетний опыт НИИ 25 Министерства обороны в области химмотологии и оценки качества бензинов, а также ряд новых технических решений, позволивших создать переносной ИК-Фурье-спектрометр, являющийся первичным датчиком при анализе светлых нефтепродуктов [1].

Разработанная ЭС может работать в двух режимах: приобретения знаний, обеспечивающем первоначальное обучение, и анализа и идентификации бензинов. ЭС реализована в распределенном и локальном вариантах. Локальная ЭС включает ноутбук, переносной ИК-Фурье-спектрометр и программное обеспечение, позволяющее совместить на одном рабочем месте функции инженера по знаниям и эксперта.

Распределенная система используется в случае, когда требуется участие коллектива экспертов, расположенных в



Рис. 1. Структура экспертной системы "ПАК-Б-эксперт"

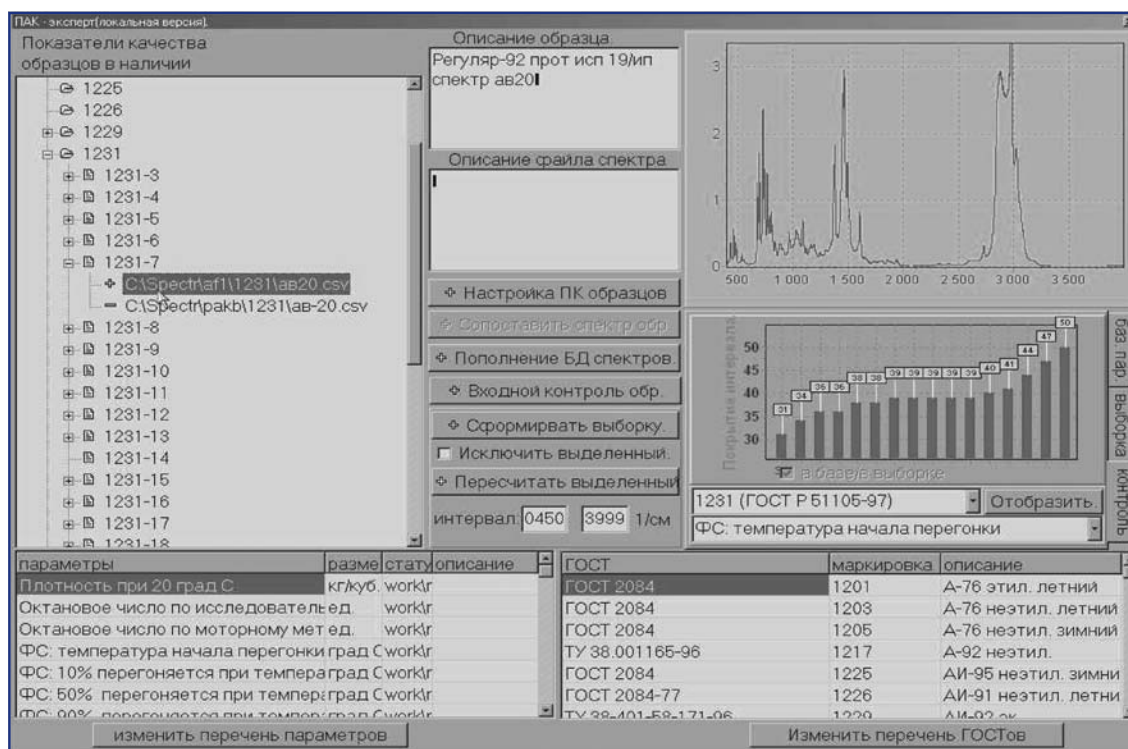


Рис. 2. Общий вид интерфейса ЭС "ПАК-Б-эксперт"

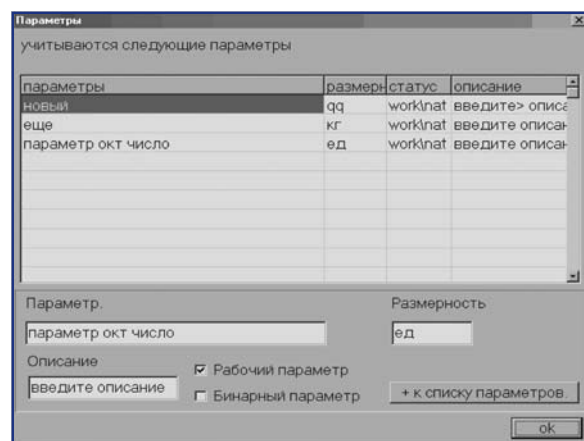


Рис. 3. Окно "Параметры"

разных местах, и каждый из экспертов через web-интерфейс может проводить обучение системы.

Данные, получаемые от экспертов, хранятся в едином хранилище данных (ХД) и используются при применении ЭС дистанционно.

Пользовательский интерфейс экспертной системы. В нижней части интерфейса программы (см. рис. 2) отображается список контролируемых параметров, существующих на данный момент. Этот список необходимо заполнить (до внесения первого образца). Для пополнения или изменения списка

параметров имеется кнопка *Изменить перечень параметров*, при нажатии которой открывается окно *Параметры* (рис. 3). Каждая марка бензина характеризуется своим перечнем параметров, который определяется ГОСТ. Перечень ГОСТ отображается в окне *ГОСТ*. С помощью кнопки *Изменить перечень ГОСТ* пользователь может изменять и пополнять список ГОСТ (рис. 4). Общие рекомендации пополнения БД сводятся к тому, чтобы для каждой марки набрать такое количество образ-

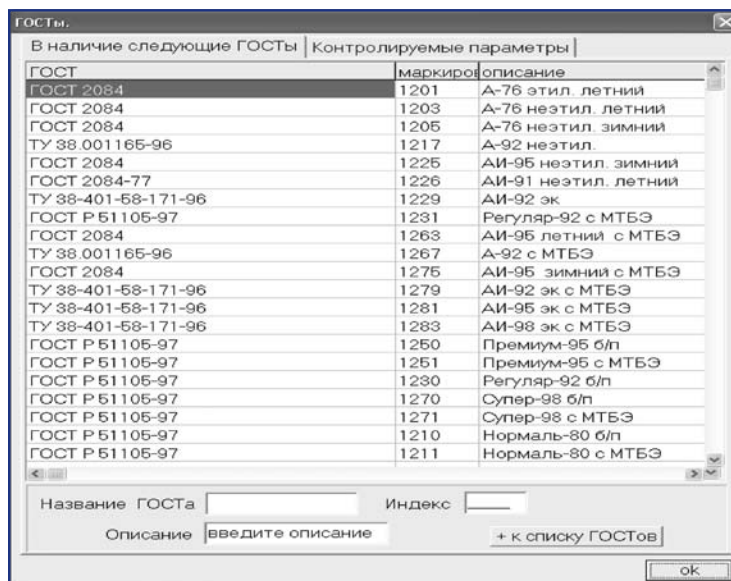


Рис. 4. Окно "ГОСТ"



Рис. 5. Окно "Покрытие БД"

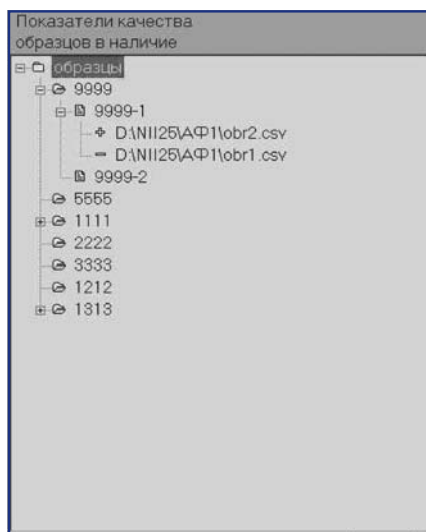


Рис. 6. Окно "Показатели качества образцов в наличии"

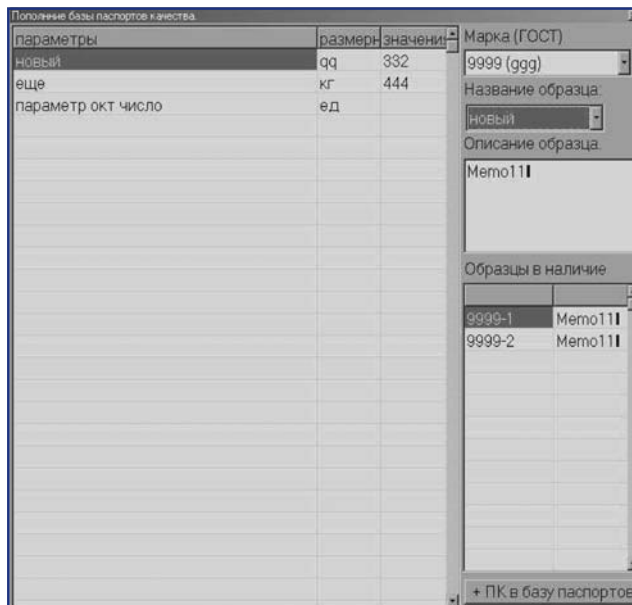


Рис. 7. Окно "Пополнение базы паспортов качества"

цов, которое позволяет равномерно покрыть область возможных значений для каждого параметра. Область покрытия можно контролировать с помощью закладки *Контроль* в правой части окна программы (рис. 5). В открывшемся окне нужно выбрать марку, параметр и нажать кнопку *Отобразить*, что приведет к отображению всех существующих значений выбранного параметра в виде диаграммы. Список всех образцов бензина, имеющихся в наличии, можно просмотреть в окне *Показатели качества образцов в наличии* (рис. 6).

Каждая марка (ГОСТ) бензина имеет свою папку, в которой содержатся образцы этой марки. К каждому образцу прикреплены его описание, паспорт качества, файл с его спектральным распределением. Для добавления новых образцов имеется кнопка *Настройка ПК образцов*. При нажатии кнопки открывается окно *Пополнение базы паспортов качества* (рис. 7), в котором отображаются контролируемые параметры образцов и их размерность.

Для внесения нового образца необходимо выбрать марку (ГОСТ), определить, что он является новым, дать его описание и каждому параметру присвоить значение в численном виде. После внесения всех значений необходимо нажать кнопку *+ ПК в базу паспортов*. Название новому образцу будет присвоено автоматически.

Реализация и функционирование экспертной системы. Общий вид разработанной системы мобильного и переносного исполнения для ИК-Фурье-спектрометров АФ-1 и ПФС-1 изображен на рис. 8 и 9 соответственно. Программное обеспечение локальной ЭС реализовано на языке С++ с использованием технологий ATL, STL, MSXML, что позволяет работать с ЭС при отсутствии каких-либо каналов связи и требует только наличия экспер-



Рис. 8. Общий вид мобильной ЭС оценки качества углеводородных соединений, построенной с использованием в качестве источника спектральных данных ИК-Фурье-спектрометра "АФ-1"



Рис. 9. Общий вид переносной ЭС оценки качества углеводородных соединений, построенной с использованием в качестве источника спектральных данных ИК-Фурье-спектрометра "ПФС-1"

Параметр	Единица	Значение
Октановое число по исследовательскому методу	ед.	94.60
Октановое число по моторному методу	ед.	83.69
ФС: температура начала перегонки	град С	45.10
ФС: 10% перегоняется при температуре	град С	67.87
ФС: 50% перегоняется при температуре	град С	117.32
ФС: 90% перегоняется при температуре	град С	174.64
ФС: конец кипения бензина	град С	211.25
объем исп бензина при 70 град С	%	11.33
объем исп бензина при 100 град С	%	36.26
объем исп бензина при 180 град С	%	91.54
Фракционный состав: остаток в колбе	%	1.00
Фракционный состав: остаток и потери	%	3.00
Давление насыщенных паров	Па	34027.75
Концентрация фактических смол	мг / 100 куб. см	2.98
Массовая доля серы	%	0.01
Концентрация свинца	г / 1 куб. дм	0.00
Объемная доля бензола	%	1.72
Испытание на медной пластине		1.00

Рис. 10. Окно "ПАК-анализ"

та и исследуемых материалов для обучения ЭС и ее использования.

Защита базы знаний и программного обеспечения от несанкционированного использования осуществляется с помощью интеграции с аппаратными и программными средствами защиты, разработанными фирмой Aladdin. Кроме этого, необходимо также упомянуть о существовании упрощенной версии программного обеспечения, которая служит только для использования конечными пользователями, не обладающими специальной подготовкой.

Программное обеспечение распределенной ЭС реализовано на языке Java с использованием семейства технологий Enterprise JavaBeans и позволяет проводить обучение системы распределенной через Интернет. Такая архитектура позволяет при-

дать гибкость процессу обучения ЭС и не требует непосредственного присутствия эксперта, что позволяет выбрать в качестве источников знаний требуемые для решения каждой конкретной задачи источники вне зависимости от их географического местоположения.

Одним из ключевых элементов любой экспертной системы является подсистема обоснования принятого решения, конкретная реализация данной подсистемы представлена на рис. 10.

Здесь отображаются результаты идентификации марки бензина, расчета показателей качества и анализа соответствия неизвестного образца требуемому ГОСТ или техническому регламенту. По результату работы формируется файл отчета, форма которого соответствует нормативной документации, используемой в Минобороны РФ.

Помимо прямого назначения системы (идентификация марки, расчет параметров и контроля соответствия определенному ГОСТ или техническому регламенту) предусмотрена возможность ее использования при учете, систематизации и протоколировании образцов, поступающих для контроля.

Заключение. Разработанная общая структура ЭС контроля качества углеводородных соединений по инфракрасным спектрам молекулярного поглощения, интерфейс и программные средства обеспечивают принятие решений относительно качества продуктов. Гибкость системы при настройке и изменении перечня контролируемых параметров, а также настройка критериев соответствия позволяют использовать разработанную систему не только для товарных бензинов, но и для других углеводородных соединений, например, моторных масел, масел растительного происхождения, биоэтанола.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснов А.Е., Красников С.А., Воробьева А.В., Кузнецова Ю.Г., Краснова Н.А., Анискин Д.Ю. Основы спектральной компьютерной каллиметрии жидких сред: монография. М.: ИД "Юриспруденция", 2007. 264 с.
2. Костров А.В. Основы информационного менеджмента: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2009. 528 с.

СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА "НАУКА"

Третьяков Валентин Филиппович, зав. каф. ТНХС и ИЖТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова, д-р хим. наук, профессор, e-mail: tretjakov@ips.ac.ru

Тальшинский Рашид Мусаевич, д-р хим. наук, ведущий научный сотрудник Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева (РАН ИНХС). тел. (495)955 4271, 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

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

Матьшак Валерий Андреевич, профессор, д-р хим. наук, вед. научный сотрудник лаборатории гетерогенного катализа Института химической физики им. Н.Н. Семенова РАН

Французова Наталья Алексеевна – доцент каф. ТНХС и ИЖТ, канд. хим. наук

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

Наджафова Маиса Ашум кызы, д-р хим. наук, в.н.с., Институт нефтехимических процессов им. академика Ю.Г. Мамадалиева НАНА

Мамедов Али Панах оглы, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. лабораторией, ИНХП НАНА

Джафарова Рена Алекпер кызы, д-р хим. наук, и.о. гл.н.с., ИНХП НАНА

Салманова Чимназ Кафар кызы, канд. хим. наук, в.н.с., ИНХП НАНА

Ахмедбекова Саида Фуад кызы, канд. хим. наук, с.н.с. ИНХП НАНА / Ahmedbekova Saida Fouad kyzy – candidate of chemical sciences, senior researcher, IPP ANAS

Ерохов Виктор Иванович, профессор, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки РФ.

Аскерова Хаяла Гейдар кызы, м.н.с., лаборатория "Полимеризационного катализа", Институт нефтехимических процессов НАН Азербайджана

Алиева Рейхан Вели кызы, канд. хим. наук, доцент, зав. лаб. ИНХП НАНА (Институт нефтехимических процессов национальной академии наук Азербайджана)

Азизов Акиф Гамид оглы, член-корр. НАНА, профессор, д-р хим. наук, зам. директора Института нефтехимических процессов им. Ю.Г. Мамадалиева НАНА.

Бекташи Назим Рауф оглы, канд. хим. наук, доцент, с.н.с., лаборатория "Полимеризационного катализа", Институт нефтехимических процессов НАН Азербайджана

Кулиев Акиф Даргах оглы, канд. хим. наук, доцент зав. лаб., Институт нефтехимических процессов НАН Азербайджана

Лакеев Андрей, Равикович Евгений, Цветков Игорь, ЗАО "НТФ НОВИНТЕХ" Тел./факс (495) 234-8848 e-mail: info@novinteh.ru

Давыдова Светлана Леонидовна, академик Российской экологической Академии, д-р хим. наук, профессор, Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН

Краснов Андрей Евгеньевич, профессор, д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой "Информационные технологии", Московский государственный университет технологий и управления

Красников Степан Альбертович, канд. техн. наук, доцент кафедры "Информационные технологии", Московский государственный университет технологий и управления

Костров Алексей Владимирович, Заслуженный деятель науки РФ, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры "Информационные системы и информационный менеджмент", Владимирский государственный университет

Tretyakov Valentin Filippovich – doctor of chemical sciences, professor, head of the TNHS and IZHT Department, the MITHT after named M.V. Lomonosov, e-mail: tretjakov@ips.ac.ru

Talyshinsky Rashid Musaevich, doctor of chemical sciences, leading researcher of the Institute of Petrochemical Synthesis; e-mail: talyshinsky@list.ru

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

Matyshak Valery Andreevich, professor, doctor of chemical sciences, senior researcher of the Heterogeneous Catalysis laboratory, Institute of Chemical Physics after named N.N. Semenov RAS

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

Frantsuzova Natal'ya Alekseevna, assistant professor of TNHS and IZHT, Ph.D.

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

Najafova Maisa Ashum kyzy, doctor of chemical sciences, leading researcher, IPP ANAS (Institute of Petrochemical Processes. after named Academician Yu.G. Mammadaliyeva, Azerbaijan National Academy of Sciences)

Mamedov Ali Panah oglu, doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of Laboratory, IPP ANAS

Jafarova Rena Alekper kyzy – doctor of chemical sciences, acting as chief scientific officer of the IPP ANAS

Salmanova Chinnaz Qafar kyzy, candidate of chemical sciences, leading researcher, IPP ANAS

Ahmedbekova Saida Fouad kyzy, candidate of chemical sciences, senior researcher, IPP ANAS

Erohov V.I., professor, Moscow State Engineering University (MAMI), Doctor of Technical Sciences, Honored Worker of Science. e-mail: PDO@mami.ru

Askerova Hayala Geydar kyzy, research assistant, laboratory of the "Polymerization catalysis", ANAS IPP (Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan)

Aliyeva Reyhan Veli kyzy, candidate of chemical sciences, associate professor, head of the "Polymerization catalysis" laboratory, ANAS IPP laboratory (Institute of Petrochemical Processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan)

Azizov Akif Gamid ogly, ANAS Corresponding Member, doctor of chemical sciences, deputy director, ANAS IPP

Bektashi Nazim Rauf ogly, candidate of chemical sciences, associate professor, senior scientist of the laboratory of the "Polymerization catalysis", ANAS IPP

Kuliev Akif Dargah ogly, candidate of chemical sciences, associate professor, head of the ANAS IPP laboratory

Andrey Lakeev, Evgueniy Ravikovich, Igor Tsvetkov. Employees of ZAO "NTF NOVINTEH". (495) 234-8848 e-mail: info@novinteh.ru

Davydova, Svetlana Leonidovna, academician of the Russian Ecological Academy, doctor of chemical sciences, professor of the Institute of Petrochemical Synthesis named A.V. Topchiev RAS

Krasnov Andrey Evgen'evich, professor, doctor of physical and mathematical sciences, head of Information technologies department, Moscow State University of Technologies and Management

Krasnikov Stepan Al'bertovich, candidate of technical sciences, associate professor of Information technology department, Moscow State University of Technologies and Management

Kostrov Aleksey Vladimirovich, Honored scientist of the Russian Federation, professor, doctor of technical sciences, professor of the Information Systems and Information Management department, Vladimir State University

ДЛЯ ПОСТАВКИ БИОМЕТАНА В ГАЗОТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ НЕОБХОДИМО ИЗМЕНИТЬ ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ



Для более широкого и рационального использования биогаза необходимо изменение "Положения о порядке подготовки и выдачи разрешений на доступ независимых организаций к газотранспортной системе ОАО "Газпром" в части возможности доступа и поставок в сети газа, вырабатываемого биогазовыми станциями.

Генеральный директор ООО "АльтЭнерго" и Белгородского института альтернативной энергетики Виктор Филатов выступил на международной конференции "Перспективы развития низкоуглеродных и возобновляемых источников энергии", организованной ОАО "Газпром".

"Задача сократить выбросы? Давайте посчитаем, какой путь экономически эффективнее. Ответ очевиден — через природный газ в разумном сочетании с другими энергоносителями, в том числе, возобновляемыми", — эти слова председателя совета директоров ОАО "Газпром" Алексея Миллера стали эпиграфом пленарного заседания по теме "Перспективы применения инновационных технологий в области низкоуглеродных и возобновляемых источников энергии".

Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2030 г. определяет наращивание использования возобновляемых источников энергии как одно из направлений развития энергетики в России. Виктор

Филатов в своем выступлении рассказал о реализации принятой "Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009–2012 годы" и разработанной программы развития биоэнергетики до 2020 г.

В частности, программа предусматривает создание 800 рабочих мест и развитие смежных с биоэнергетическим комплексом отраслей. Биогазовый потенциал региона, в котором действуют порядка 1,3 тыс. площадок, где образуются отходы АПК, достигает 1 млрд м³ в год. Биогаз служит основой для выработки электроэнергии, а будучи очищенным до уровня содержания метана 95...99 %, пригоден для выдачи в сеть и организации газозаправочных станций. К примеру, одна только пилотная биогазовая станция "Лучки" в течение года способна произвести более 8 млн м³ биогаза, на основе которого вырабатывается 19 млн кВт·ч электрической и 18,2 тыс. Гкал тепловой энергии.

В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ПОСТРОЯТ НОВЫЕ БИОГАЗОВЫЕ СТАНЦИИ

"АльтЭнерго" подписала соглашения с компаниями InviTec Biogas и MT-Energie по строительству шести биогазовых станций в текущем, 2013 г., а также соглашения с компаниями БиоГазЭнергоСтрой и Бристоль по строительству объектов биоэнергетики и малой генерации.

Также подписано соглашение с рядом российских компаний по применению отечественных технологий при строительстве биогазовых станций.

Напомним, что осенью 2012 г. в Прохоровском районе Белгородской области запущена в эксплуатацию крупнейшая на сегодняшний день биогазовая станция "Лучки" мощностью 2,4 МВт.

Приказом Минэнерго России от 19 апреля 2012 г. внесены изменения в схему размещения генерирующих объектов электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на территории Российской Федерации. В схему размещения вошла биогазовая электростанция "Лучки". 11 октября 2012 г. "Лучки" внесены в реестр квалифицированных генерирующих объектов, функциони-

рующих на основе использования ВИЭ, и НП "Совет рынка" открыл для предприятия лицевой счет получателя сертификатов.

Инициативы Белгородской области поддержаны в утвержденном правительством РФ распоряжении от 4 октября 2012 г. "Комплекс мер стимулирования производства электроэнергии объектами, функционирующими на основе ВИЭ", предусматривающем упрощенный порядок ввода объектов и утверждение методики установления "зеленого тарифа".

Постановлением правительства Белгородской области от 29 октября 2012 г. принята и реализуется программа "Развитие возобновляемых источников энергии в Белгородской области на 2013–2015 гг. Целевые показатели до 2020 года".

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ ВВЕДЕТ НАЛОГОВЫЕ ЛЬГОТЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ "ЗЕЛеной" ЭНЕРГИИ



Производители альтернативной энергии смогут получить при реализации своей продукции пониженную на 4,5 процентных пункта ставку налога на прибыль. Соответствующие поправки в налоговое законодательство предложили внести депутаты облдумы.

"При реализации электрической и тепловой энергии предлагаем понизить ставку налога на прибыль на 4,5 процентных пункта для производителей ее из биомассы, а также использовании силы ветра и солнечной энергии", — отметил заместитель начальника департамента экономического развития региона Алексей Шулешко.

По его словам, это позволит создать более комфортные условия для предприятий и инвестирующих в достаточно новую отрасль, а также увеличить долю потребления "зеленой энергии" до 10 %.

В регионе уже реализован ряд проектов по выработке тепловой и электроэнергии. Работают две биогазовые станции: "Байцуры" в Борисовском районе и "Лучки" в Прохоровском.

Последняя, как сообщает пресс-служба компании "АльтЭнерго" уже перешагнула рубеж выработки семимиллионного киловатт-часа "зеленой" энергии". Свой первый миллион киловатт-часов биогазовая установка произвела 6 августа прошлого года, а первое электричество на ней получили 25 июня того же года.

В настоящее время на биогазовой установке "Лучки" вырабатывается около 56 тыс кВт·ч в сутки электрической энергии. Этого объема достаточно, к примеру, для обеспечения суточных нужд жителей Прохоровского района, в котором расположена биогазовая установка. В настоящее время в России нет аналогов производства электрической и тепловой энергии на основе биогаза в таких объемах. (Прим. ред. Первая в стране промышленная БГС установленной мощностью 2400 кВт построена в Прохоровском районе Белгородской области для переработки отходов мясоперерабатывающего завода и селекционно-гибридного центра "Агро-Белогорье").

В Белгородской области реализуется системный подход к развитию энергетики на возобновляемых источниках. В регионе была принята "Концепция развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009–2012 годы" и разработана программа развития биоэнергетики до 2020 г., утвержден "зеленый тариф".

Кроме того, в Яковлевском районе области действуют ветрогенераторы и солнечные батареи.

Налоговые льготы начнут действовать для предприятий уже в этом году.

Справка

ООО "АльтЭнерго" образовано 27 ноября 2009 г. для решения на территории области экологических и природоохранных задач, а также поиска альтернативы невозобновляемым источникам энергии.

Компания занимается внедрением в производство альтернативных источников энергии, позволяющих снижать экологическую нагрузку на окружающую среду и вырабатывать газ, электрическую и тепловую энергию за счет утилизации животноводческих отходов, использования энергии солнца, ветра и воды. Реализовала проекты по установке в Белгородской области трех типов альтернативных источников энергии (солнечных батарей, ветрогенераторов и биогазовой установки).

ПЕРВАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ БИОГАЗОВАЯ СТАНЦИЯ РОССИИ НАЧАЛА ПЕРЕРАБАТЫВАТЬ СВЕКЛОВИЧНЫЙ ЖОМ

На биогазовой станции "Лучки" успешно освоили новое сырье: свекловичный жом – побочный продукт процесса производства сахара.

"Лучки" способны перерабатывать практически любые побочные продукты АПК – от навозных стоков и растительного сырья до отходов бойни, решая тем самым экологическую проблему их накопления, избавляя от неприятных запахов и выработывая органические удобрения, богатые азотом, фосфором и калием. Однако для того, чтобы получить значительный выход биогаза, необходи-

мо добавлять в ферментаторы растительное сырье, богатое органической составляющей. Ранее это был силос, который не является собственно отходом и используется для откорма скота. Успешное применение свекловичного жома вместо силоса позволило удешевить работу биогазовой установки. В настоящее время электроэнергии, вырабатываемой "Лучками", достаточно для обеспечения нужд населения Прохоровского района, в котором построена станция.

В НЕНЕЦКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ ПОЯВЯТСЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ



Пилотный проект по установке ветроизмерительного комплекса в поселке Амдерма на побережье Карского моря планируется запустить уже в марте–апреле текущего года.

Принято решение о проектировании линии электропередач на Хорей-Вер от подстанции на Харьяге.

Разработана и утверждена долгосрочная целевая программа развития энергетического комплекса округа, которая предусматривает, в том числе, создание инновационных ветродизельных электростанций в отдаленных населенных пунктах региона, что позволит существенно сократить государственные затраты на "северный завоз".

В настоящее время заключены грантовые контракты по программе Европейского сообщества Kolarctic на финансирование проектов развития ветроэнергетики в Ненецком автономном округе "Полярный ветер" и "Полярис". Полярные возобновляемые источники: независимое обеспечение энергией".

Также в долгосрочную целевую программу включены населенные пункты: Усть-Кара, Каратайка, Несь, Индига. Срок окончания проектов 31 октября 2014 г.

На реализацию проектов по ветромониторингу и строительству пилотной ветрогенерирующей установки в Амдерме будут привлечены средства более 4 млн 250 тыс. евро из внебюджетных источников в рамках программы приграничного сотрудничества Российской Федерации и Европейского сообщества Kolarctic, сообщил губернатор НАО Игорь Федоров в ежегодном докладе по итогам социально-экономического развития Ненецкого автономного округа.

ПАУЖЕТСКАЯ ГЕОЭС ИСПЫТАЛА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ БИНАРНУЮ ТЕХНОЛОГИЮ

"Проект бинарного энергоблока включает в себя технологические разработки, которые ранее не применялись в энергетике, — отметил заместитель председателя правления ОАО "РусГидро" Джордж Рижинашвили. — Бинарный цикл применен с соблюдением самых жестких экологических норм".



В рамках завершения работы над пилотным проектом на Паужетской геотермальной станции (Камчатка) состоялись испытания отечественной технологии по производству электроэнергии на геотермальных установках с бинарным циклом. По его итогам специалисты получили подтверждение правильности технических решений, расчетных параметров, экспериментально доказали работоспособность технологической схемы и специально созданного оборудования бинарной установки как единого комплекса. В ближайшее время запланировано комплексное апробирование оборудования с включением его в сеть.

В рамках испытаний бинарного блока оборудование, трубопроводы и технологические системы установки были протестированы как единый технологический комплекс с пуском турбоагрегата на холостых оборотах. Перед началом испытаний шеф-инженеры детально проработали программу пусконаладочных работ по отдельным системам, а также провели наладку и тестирование узлов бинарной установки.

Технология бинарного цикла основана на использовании среднетемпературного тепла сбросного сепарата. Ранее горячую воду, выходящую вместе с паром из геотермальной скважины (сепарат), не использовали в процессе выработки элек-

троэнергии. Сегодня разработан замкнутый цикл, в рамках которого воду направляют в специально разработанный испаритель. Там сепарат нагревает и испаряет кипящий при низкой температуре хладон. Полученный хладоновый пар под давлением раскручивает турбину. Затем он охлаждается, конденсируется и становится жидкостью, а значит снова готов к использованию.

В ноябре на бинарном блоке Паужетской ГеоЭС завершены основные строительные работы: создана инфраструктура блока, выполнена внутренняя и наружная отделка здания и помещений станции, завершен монтаж электрооборудования, технологических систем и коммуникаций. Контроль хода реализации инновационного проекта создания бинарного блока на постоянной основе осуществляет штаб под руководством заместителя председателя правления ОАО "РусГидро" Джорджа Рижинашвили.

"Важно, что реализованная на этом пилотном проекте технология может быть широко тиражирована, причем не только на объектах геотермальной энергетики, но и в промышленности — для получения электроэнергии с использованием тепловых сбросов предприятий. Эта технология не уступает зарубежным аналогам, поэтому мы рассчитываем на ее успешность в коммерческом плане", — отметил заместитель председателя правления ОАО "РусГидро" Джордж Рижинашвили.

Паужетская ГеоЭС располагается на Камбальном месторождении парогидротерм в юго-западной части Камчатского полуострова в 300 км от Петропавловска-Камчатского. Это первая геотермальная электростанция, построенная в России и введенная в эксплуатацию в 1966 г. Изначально мощность станции составляла всего 5 МВт, а затем в результате реконструкции была увеличена до 12 МВт. После завершения строительства и выхода на проектную мощность бинарный блок увеличит мощность Паужетской геотермальной электростанции на 2,5 МВт.

Energyland.info

РОМАН АБРАМОВИЧ ИНВЕСТИРУЕТ В ПРОИЗВОДСТВО СИНТЕТИЧЕСКОГО ТОПЛИВА В ВЕЛИКОБРИТАНИИ



Роман Абрамович, миллиардер и владелец футбольного клуба "Челси", инвестировал 5 млн фунтов стерлингов в британскую компанию Oxford Catalysts, занимающуюся производством синтетического жидкого топлива из природного газа, пишет The Financial Times.

Бизнес Oxford Catalysts построен на технологии, известной как GTL, которая использует химические реакции, чтобы физически изменить состав молекул газа, обеспечивая высокое качество жидкого топлива.

Технология GTL основана на так называемых процессах Фишера-Тропша, изучение которых началось в Германии в 1920-е гг. Позднее они использовались нацистами во время Второй мировой войны для превращения угля в жидкое топливо, поскольку Германия остро нуждалась в нефти. Позже эти технологии взяла на вооружение ЮАР, когда руководство ООН ввело эмбарго на импорт нефти в эту страну из-за режима апартеида.

Сейчас возрождается глобальная заинтересованность в GTL. Так, Royal Dutch Shell строит огромный

завод в Катаре, где природный газ превращается в бесцветное топливо без дымчатых загрязняющих веществ. Сейчас рассматривается возможность строительства GTL-завода в США, где рост добычи сланцевого газа обеспечивает более дешевые и значительные запасы сырья.

Oxford Catalysts plc выделилась из Оксфордского университета и получила листинг в секторе альтернативных инвестиций AIM Лондонской фондовой биржи в 2006 г. Через два года она купила американскую компанию Velocys, ведущего разработчика химических реактивов.

Oxford Catalysts планирует участвовать в строительстве завода по выпуску авиакеросина для самолетов компании British Airways. Кроме того, заключен контракт на поставку технологий для установки по производству синтетического топлива из попутного нефтяного газа с Ангарской нефтехимической компанией, принадлежащей "Роснефти".

Energyland.info — Лента новостей

СТАНЕТ ЛИ РОССИЯ ЛИДЕРОМ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ?

Е. Зубкова

Доля ВИЭ в производстве электроэнергии без крупных ГЭС в Европе, а вероятно, и в мире к 2020 г. составит около 20 %. Чего еще стоит ждать к 2020 г. в области возобновляемой энергетики?



Рис. 1. Павел Безруких, зам. генерального директора ЗАО "Институт энергетической стратегии", председатель Комитета Российского союза научных и инженерных общественных организаций по проблемам использования ВИЭ, академик-секретарь секции "Энергетика" РИАН, д-р техн. наук

Энергоэффективность за гранью 261-ФЗ

Реальная энергоэффективная экономика подразумевает энергосбережение, ресурсосбережение и использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для замещения органического топлива.

Компоненты устойчивой энергетики — это не только эффективность потребления электрической и тепловой энергии (энергосбережение), минерально-сырьевых ресурсов (ресурсосбережение). Это еще и энергетическая и экологическая эффективность производства и передачи электро- и тепловой энергии, а также производства (добычи) и транспортировки топлива. И, наконец, третья слагаемая — использование возобновляемых источников энергии.

Федеральный закон № 261 "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности" касается фактически только эффективности

использования энергии, и то только в одной сфере — электроэнергетике. Поэтому закон вряд ли сможет стать документом, приводящим к существенным изменениям в эффективности нашей экономики.

Сейчас показатель, который берется в качестве основы для оценки нашей работы, — энергоёмкость ВВП. При этом далеко не все понимают, что речь идет об удельной энергоёмкости ВВП. Мне приходилось слышать даже из уст некоторых депутатов о том, что надо снизить потребление энергии на 42 %, а не удельную энергоёмкость.

Интересно посмотреть, во сколько раз у нас удельная энергоёмкость хуже, чем в развитых странах. По паритету покупательной способности энергоёмкость ВВП в России в 2009 г. оказалась выше ("хуже"), чем в США — в 2,2 раза, Великобритании — в 3,8 раз, Германии — в 3,0 раза. Но есть развивающиеся страны, в которых удельная энергоёмкость гораздо ниже ("лучше"), чем у США, к примеру — это Куба, Чили, Индия, Турция, Бангладеш. Это говорит о том, что данный показатель имеет весьма условное значение и должен быть дополнен другими показателями.

По-настоящему характеризовать энергетическую эффективность будет отношение достигнутых показателей к научно обоснованным показателям:

- удельный расход топлива и энергии на производство продукции, работ, услуг;

- удельный расход топлива и энергии топливно- и энергопотребляющими машинами и оборудованием в процессе их функционирования по прямому назначению;

- потери электрической и тепловой энергии при передаче и распределении, топлива при добыче и транспортировке;

- доля возобновляемой энергетики в балансах первичной и электрической энергии.

Вечное противоречие

На мой взгляд, мало внимания уделяется противоречию интересов в вопросе повышения энергоэффективности, которое состоит в следующем. Производитель топлива и энергии объективно не заинтересован в энергосбережении (он заинтересован в увеличении объема продаваемой продукции).

Производитель товаров и услуг условно заинтересован — до тех пор, пока он безнаказанно может переносить стоимость энергоресурсов на свою продукцию и оставаться при

этом конкурентоспособным, он не будет заниматься энергосбережением. Только когда его товар будет терять конкурентоспособность, он начнет задумываться об энергосбережении. В этом треугольнике только одна сторона — конечный потребитель — безусловно заинтересована в энергосбережении. И нужно сосредоточить усилия на том, чтобы разрешить это противоречие. При этом можно использовать метод "кнути и пряника". "Пряником" станет стимулирование производителя и потребителя экономить топливо и/или энергию посредством внедрения у потребителя энергоэффективных мероприятий. Или стимулирование производства энергии по безтопливным технологиям и на базе отходов.

Одновременно "кнутом" и "пряником" будет прозрачность и публичность обоснования тарифов на электрическую и тепловую энергию, а также организация на государственном уровне работ по определению удельной энергоёмкости основных видов продукции и энергопотребления машинами и механизмами. "Кнутом" же послужат санкции к производителям товаров и услуг, расточительно использующих ТЭР.

ВИЭ в цифрах

Итак, использование возобновляемых источников энергии — неотъемлемая часть энергоэффективной экономики. Посмотрим, какая ситуация в мире с использованием ВИЭ и как она менялась в последние несколько лет.

Показатель	Единицы измерения	Год			
		2008	2009	2010	2010/2009
Годовые инвестиции в возобновляемую энергетику	млрд \$ США	130	160	211	1,32
Мощность электростанции возобновляемой энергетики (без ГЭС)	ГВт	200	250	312	1,25
Мощность ГЭС	ГВт	590	980	1010	1,03
Мощность ВЭС	ГВт	121	159	198	1,24
Мощность фотоэлектрических станций	ГВт	16	23	40	1,74
Годовое производство солнечных элементов	ГВт	6	11	24	2,2
Мощность солнечных водонагревателей	ГВт (тепл.)	130	160	185	1,15
Годовое производство этанола	млрд л	67	76	86	1,13
Годовое производство биодизельного топлива	млрд л	12	17	19	1,12
Страны, установившие государственные цели в использовании ВИЭ	кол-во	79	89	98	1,1
Источники: REN21. Renewables 2011. Global status report					

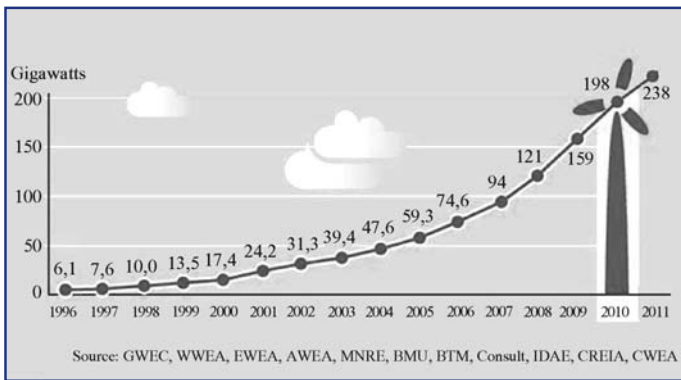


Рис. 2. Динамика установленной мощности ВЭС в мире за период 1996–2011 гг.

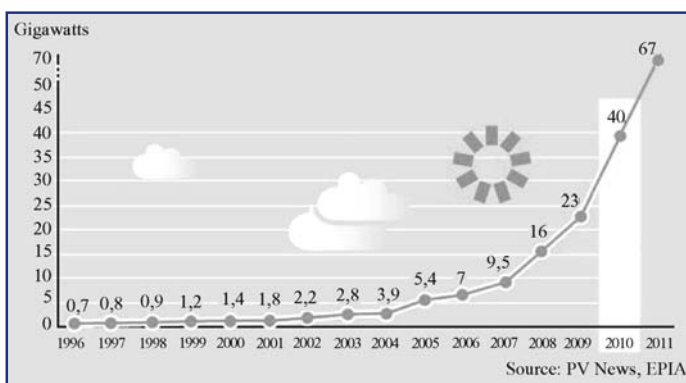


Рис. 3. Динамика установленной мощности ФЭС в мире за период 1996–2011 гг.

Виден весьма существенный рост объема генерации на основе альтернативных источников, хотя речь идет про кризисные годы. Только в период 2009–2010 гг. установленная мощность ветроэлектростанций (ВЭС) увеличилась на 24 %, а мощность фотоэлектростанций (ФЭС) – на 74 %.

Международное энергетическое агентство предлагает три сценария дальнейшего развития энергетики. Доля ВИЭ в производстве электричества по первому сценарию составит 8,4 % к 2020 г., по второму – 7,2 %, и по третьему – 10,1 %. Те расчеты, которые мы провели в Институте энергетической стратегии, показывают, что к 2020 г. следует ожидать долю ВИЭ, по крайней мере, около 15 %.

Доводы "За"

Очень много разговоров по поводу того, а нужна ли вообще альтернативная энергетика России. Аргументов "За" очень много.

Во-первых, возобновляемая энергетика (ВЭ) – это наиболее быстрый и дешевый способ решения проблем энергоснабжения удаленных труднодо-

ступных населенных пунктов, не подключенных к сетям общего пользования. Фактически речь идет о жизнеобеспечении 10...15 млн человек.

Во-вторых, сооружение энергетических установок ВЭ – наиболее быстрый и дешевый способ энергообеспечения предприятий малого и среднего бизнеса, а это дополнительные рабочие места в деревнях и малых городах, где безработица – прямой путь к нищете. При этом сооружение объектов возобновляемой энергетики не требует больших единовременных капитальных вложений и осуществляется за короткое время (1–3 года), в отличие от 5–10-летних периодов строительства объектов традиционной энергетики.

Крупные объекты ВЭ позволят сократить дефицит мощности и энергии в дефицитных энергосистемах, а значит устранить препятствия в развитии промышленности. Напротив, развитие энергетики на основе ВИЭ будет стимулировать развитие инновационных направлений в промышленности, расширит внутренний спрос на изделия машиностроения и экспортные возможности. В технологиях возобновляемой энергетики реализуются последние достижения многих научных направлений и технологий. Развитие наукоемких технологий имеет значительный социальный и макроэкономический эффект в виде создания дополнительных рабочих мест за счет сохранения и расширения научной, производственной и эксплуатационной инфраструктуры энергетики, а также создания возможности экспорта наукоемкого оборудования.

Особенно хочу остановиться на таком моменте, как отсутствие потенциальной опасности техногенных катастроф.

С экологией вопрос достаточно ясен. ВЭ повышает экологическую безопасность на локальных территориях, т.е. снижение вредных выбросов от электрических и котельных установок в городах со сложной экологической обстановкой, в местах массового отдыха населения, санитарно-курортных местностях и заповедных зонах.

Немногие знают о том, что есть проблема безвозвратных потерь воды на технологические нужды электростанций. В США оценили такие потери – для АЭС они составляют 2,3 л/кВт·ч, для ТЭС на угле – 1,9 л/кВт·ч, для ФЭС – 0,11 л/кВт·ч, для ВЭС – 0,004 л/кВт·ч.

Аргументы "против"

Но есть и доводы, которые нередко приводят, чтобы доказать ограниченные возможности использования ВИЭ.

Это нестабильность выдачи мощности от ВЭС и ФЭС, вызывающая целый ряд вопросов. Получается, что может нарушаться устойчивость энергосистемы, что невозможно прогнозировать производство электроэнергии. А значит, необходимо на 100 % резервировать мощности ВЭС и ФЭС?

К минусам ВЭ нередко относят их неконкурентоспособность (дороговизна оборудования, особенно ФЭС), потребность в большом количестве земли для размещения. Говорят даже, что ВЭС опасны экологически: из-за них гибнут насекомые и грызуны, нарушается нормальный режим ночного сна у животных и людей, живущих рядом с ВЭС. При всем этом мощность станций на основе альтернативных источников весьма мала по сравнению с существующими ТЭС.

Сейчас большинство этих аргументов опровергается функционированием электросетей с использованием ВИЭ на Западе. Начнем с того, что их мощность не так уж и мала. К примеру, в Испании докладывают, что где-то в течение 3–4 ч энергосистема страны работала при 60 %-ной доле ветроэнергетики.

Полагаю, что решающее значение для развития ВЭ имеет появившаяся за последние 5–10 лет возможность ВЭС производить реактивную мощность и регулировать напряжение в точке присоединения ВЭС к энергосистеме.

Посмотрим, что можно возразить оппонентам альтернативной энергетики по другим вопросам.

К гадалке не ходи!

Опыт эксплуатации зарубежных ВЭС подтверждает возможность прогнозирования выработки энергии на различные периоды: год–месяц–сутки и даже часы с вероятностью до 95 %.

Это стало возможным на базе накопленного опыта годового хода скорости ветра на площадке ВЭС в течение 15 лет и более. Другой инструмент – прогноз скорости ветра на базе данных НАСА, функционирующей в режиме открытого доступа.

На основании достаточно точного прогнозирования можно решать главный вопрос – о необходимости резервирования мощности. В США по данной проблеме проведено много исследований. Вот как звучит вывод по проблеме Utiliti Wind Group (организация, включающая 55 электрических компаний США, имеющих в своих энергосистемах ветростанции):

"Устаревшее и непрофессиональное мнение, одно из главных беспокойств, часто выражаемое в энергетике, состоит в том, что ветростанции будут нуждаться в резервировании передаваемой ими

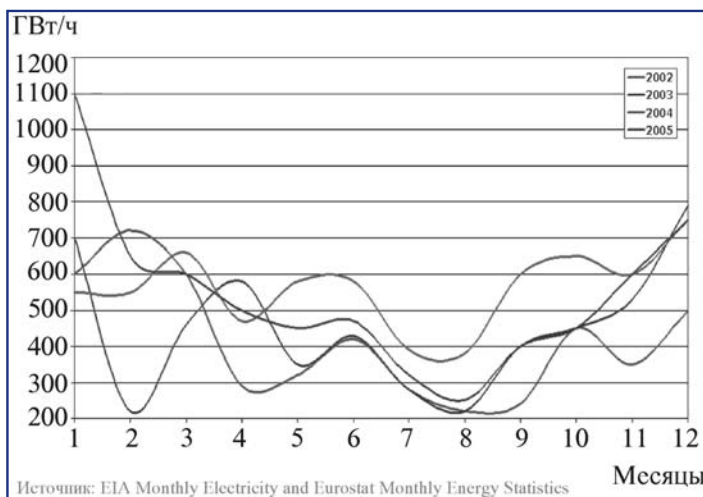


Рис. 4. Многолетние наблюдения позволяют прогнозировать выработку электростанций на основе ВИЭ. На графике – производство электроэнергии на ВЭС в Дании в 2002–2005 гг.

мощности в равном объеме. Сейчас ясно, что как раз при умеренной доле ветроэнергетики необходимо иметь дополнительную генерирующую мощность для компенсации нестабильности ветростанции значительно меньше, чем один к одному, и часто близка к нулю".

Одно из авторитетнейших исследований, проведенных в 2004 г. в США для департамента коммерции штата Миннесота, подтвердило, что дополнительное включение ВЭС мощностью 1500 МВт в энергосистему наибольшего объединения Xeel Energy в штате Миннесота будет нуждаться в дополнительном вводе мощностей всего лишь 8 МВт на традиционном топливе для того, чтобы погасить дополнительные колебания мощности. Таким образом, вопрос о резервировании не стоит, по крайней мере для России, пока мы не достигли 10 % доли ветрогенерации в общем объеме.

Субсидии или честная конкуренция

Теперь к вопросу о конкурентоспособности. Вот что пишут об экономической оценке ведущие специалисты Всемирного Банка:

"Традиционный финансовый анализ не способен адекватно учесть будущие риски, связанные с ценами на топливо. Он также полностью игнорирует затраты на охрану окружающей среды и здравоохранение, связанные с эмиссиями на электростанциях, сжигающих ископаемое топливо. Если мы рассмотрим затраты на полный технический цикл, то некоторые возобновляемые источники уже сейчас могут конкурировать с традиционными энергетическими ресурсами. Несмотря на это, потенциал этих финансово жизнеспособных технологий ВИЭ не реализуется полностью из-за раз-



Рис. 5. Ветро-солнечная ВЭУ-0,1 (фото ООО "ГРЦ-Вертикаль")

личных барьеров рынка, таких как государственное субсидирование традиционных топлив".

По данным ВБ, в России на ежегодную господдержку газовой промышленности идет \$25 млрд, а электроэнергетики – \$15 млрд. Если хотя бы 10 % от этих средств было направлено на возобновляемую энергетику, то мы бы стали мировым лидером в этой области.

И еще один факт: цены на электричество, вырабатанное на альтернативных источниках, постоянно снижаются. Пока фотоэлектричество – самый дорогой вид энергии. Так вот, в США, по данным *Ren. Energy World*, за последние 5 лет тонкопленочные модули ФЭС подешевели в три раза, кристаллические – в 2,4 раза. Все прогнозы говорят о том, что к 2015–2018 гг. цены еще упадут.

Займут ли ФЭС всю сушу?

Как-то на одном из симпозиумов прозвучало мнение, что если мы перейдем на солнечную энергетику, то нам придется всю Россию заставить ФЭС. Тогда была поставлена умозрительная задача рассчитать, сколько потребуется земли, если на фотоэлектричестве будет вырабатываться столько же энергии, сколько сегодня генерируют все электростанции России. Оказывается, и в этом случае будет достаточно 0,142 % от площади суши.

Если говорить о ВЭС, то они, как правило, сооружаются на землях, не пригодных для использования в сельском хозяйстве. Собственно под ветроустановку требуется мало земли – площадка порядка 25×25 м плюс дорога. Между ветроустановками расстояние составляет 5...10 диаметров ветроколеса (70...90 м), т.е. от 0,5 до 1 км.

Если между ветроустановками все же плодородная земля, то она используется как сельскохозяйственные угодья для выращивания овощей, кормов, рапса. Между ветряками пасется скот, живут насекомые и черви, о жизни которых так заботятся

противники ветроэнергетики. Сказанное может подтвердить любой, кто бывал в Европе.

К чему стремимся?

Доля ВИЭ в производстве электроэнергии без крупных ГЭС в Европе, а вероятно, и в мире к 2020 г. составит около 20 %. Чего еще стоит ждать к 2020 г. в области возобновляемой энергетики?

Доля ветровой энергии в производстве электрической энергии в мире составит около 10 %, общая установленная мощность ветроустановок достигнет 1200 ГВт. Мощность фотоэлектрических установок в мире составит порядка 800...1000 ГВт. Производство жидкого топлива из биомассы возрастет более чем в 15 раз и достигнет 1 трлн л в год.

Доля производства электроэнергии в России на базе ВИЭ к 2020 г. должна достичь 4,5 %, или 60...70 млрд кВт·ч. Для этого России необходимо завершить разработку нормативных документов по стимулированию использования ВИЭ, предусмотренных № 37-ФЗ "Об электроэнергетике", и приступить к разработке закона по стимулированию использования ВИЭ для производства тепловой энергии, топлива и автономных энергоустановок.

Кроме того, необходимо разработать проект Федерального закона под условным названием "О дополнительных мерах по стимулированию использования возобновляемых источников энергии", методические указания по декомпозиции целевых показателей по производству электрической и тепловой энергии с использованием ВИЭ по субъектам РФ, компаниям ТЭК и компаниям, имеющим долю в предприятиях ТЭК.

Развитие ВЭ регламентируется тремя видами документов, утверждаемых на первом уровне управления: государственная программа, техническая платформа, дорожная карта. Необходимо установить взаимосвязь этих документов, особенно в части финансирования работ и проектов. Нужно обратить внимание на производство тепловой энергии на базе ВИЭ. Пока этот пункт ни в один из законопроектов не вошел.

К сожалению, Россия пока не стремится занять в процессе освоения возобновляемой энергетики активную позицию. Остается надеяться, что ситуация изменится.

Записала Екатерина Зубкова

По материалам Международного электроэнергетического форума UPGrid 2012. Иллюстрации предоставлены ЗАО "Институт энергетической стратегии".

EnergyLand.info

ПЕРЕРАБОТЧИКИ ПНГ ПОЛУЧИЛИ ПЕРВООЧЕРЕДНОЙ ДОСТУП К ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ РФ

Поправки в закон "О газоснабжении в РФ", предусматривающие первоочередной допуск к свободным мощностям газотранспортных и газораспределительных сетей (ГТС) поставщиков отбензиненного сухого газа, получаемого из попутного нефтяного газа (ПНГ), вступили в силу с 1 января с.г.

В РФ действует требование об обязательной 95 %-ной утилизации ПНГ, сообщает РИА "Новости". Правительство РФ с 1 января с.г. значительно повысило платежи за сверхнормативное сжигание попутного нефтяного газа и одновременно предусмотрело возможность для нефтекомпаний, реализующих проекты по полезному использованию ПНГ, учесть понесенные затраты при расчете платежей.

В настоящее время существуют ограничения в свободных мощностях газотранспортной системы. При этом поставка отбензиненного сухого газа в газотранспортную и газораспределительную сис-

тему – один из самых распространенных способов его эффективного использования.

По данным нефтегазовых компаний, доля утилизации нефтяного (попутного) газа путем поставки в ГТС составляет 57 % от общего объема утилизируемого ПНГ.

По мнению разработчика закона, Минэнерго России, его принятие будет способствовать сокращению выбросов вредных загрязняющих веществ, образующихся при сжигании нефтяного (попутного) газа, а также развитию газотранспортной системы. ■

"ТАТНЕФТЬ" ДОВЕДЕТ УТИЛИЗАЦИЮ ПОПУТНОГО ГАЗА ДО 98 %

"Татнефть" направила 440 млн руб. на внедрение микротурбинных энергоустановок "Capstone", работающих на попутном нефтяном газе (ПНГ). Как сообщили в компании, суммарно они будут вырабатывать 4,8 тыс. кВт·ч электроэнергии.

Благодаря этим установкам будет решена проблема сбора и утилизации ПНГ на удаленных промыслах с небольшими дебитами газа. В результате уровень полезной утилизации ПНГ в "Татнефти" вырастет с нормативных 95 до 98 %. К тому же промыслы будут обеспечены собственной дешевой электроэнергией.

В 2012 г. "Татнефть" приняла трехлетнюю программу по внедрению таких энергоустановок. За этот период на объектах компании предполагается установить порядка 40 микротурбин, пишет oilru.com.

Напомним, что с 1 января 2012 г. в России действует требование об утилизации 95 % ПНГ.

С 2013 г. в 12 раз возросли размеры базовой ставки штрафа за неэффективное сжигание попутного газа, а с 2014 г. последует 25-кратный рост санкций.

"Татнефть" на реализацию проектов по повышению уровня эффективного использования ПНГ в 2009–2011 гг. инвестировала около 3,46 млрд руб. и выполнила предписание правительства РФ. Среди основных направлений использования попутного газа в компании – переработка на собственных производствах с получением газопродуктов, использование в качестве топлива для подогревателей нефти и в электрогенерирующих установках. ■

"РУССНЕФТЬ" ПОВЫШАЕТ УРОВЕНЬ УТИЛИЗАЦИИ ПНГ В ПОВОЛЖЬЕ

"Дочка" НК "РуссНефть" – "Саратовнефтегаз" – повысила уровень утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) за счет ввода в эксплуатацию путевых подогревателей нефти.

Уровень утилизации ПНГ на Восточно-Суловском сборном пункте вырос в 8,1 раза – до 98 %, на Фурмановском сборном пункте – с 83 до 96 %, пишет "Рупек".

Автоматизированные путевые подогреватели нефти ПНПТ-0,63, которые в качестве топлива используют попутный газ, были введены в эксплуатацию на Квасниковском, Фурмановском, Восточно-Суловском и Ириновском сборных пунктах.

В результате эффективного использования попутного нефтяного газа повысился не только уровень утилизации ПНГ, но и снизились затраты на транспортировку нефти.

Ввод в эксплуатацию путевых подогревателей нефти производится в рамках реализации программы эффективного использования ПНГ, отдельным направлением которой предусмотрено совершенствование системы сбора и транспортировки нефти. ■

ДОБЫЧА МЕТАНА ИЗ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ОСВОБОЖДАЕТСЯ ОТ УПЛАТЫ НДС

Принятый федеральный закон с января 2013 г. освободил предприятия, добывающие метан из угольных пластов от налога на добычу полезных ископаемых.

Как сообщил сенатор от Кемеровской области Сергей Шатилов, особенно эти изменения важны для Кузбасса, в котором реализуется крупнейший проект по добыче метана из угольных пластов.

До последнего времени правовой статус метана, добываемого в качестве побочного продукта при разработке угля, не был определен. Теперь же закон включает метан угольных пластов в перечень полезных ископаемых. Соответственно, предприятия, добывающие метан из угольных пластов, освобождаются от НДС. Соответствующие изменения вносятся в Налоговый кодекс.

В итоге новый закон устранил неопределенность и обеспечит господдержку компаниям в освоении угольных месторождений. Это особенно важно, поскольку при огромных вложениях в подобный проект отдача вложений затягивается на многие годы. Так, в Кузбассе проект выйдет на рентабельный уровень лишь к 2016–2017 гг.

Таким образом, отметил сенатор, принятие закона поможет привлечь дополнительные средства к освоению второй в России газоносной площадки – Кузбасской. Кроме этого, извлечение метана из угольных пластов – залог безопасной работы шахтер Кузбасса. ■

ЕМКОСТЬ ПХГ В Г. РЕДЕН УВЕЛИЧЕНА ДО 4,4 МЛРД М³ ГАЗА

С января нынешнего года компания Astora предлагает своим клиентам дополнительные мощности газа из подземного хранилища газа (ПХГ) в г. Редене, пишет neftegaz.ru.

Активная емкость была увеличена с 4,2 до 4,4 млрд м³ природного газа, а объем буферного газа был соответственно уменьшен с 2,8 до 2,6 млрд м³.

"Благодаря повышению объема активного газа хранилище теперь может вмещать в себя больше используемого природного газа. Так, самое крупное в Западной Европе ПХГ увеличивает свой



вклад в надежность газоснабжения", — говорит управляющий компании Astora А. Реннер.

Имеющаяся в ПХГ емкость делится на объем активного и буферного газа. Активный газ представляет собой объем используемого газа, в то время как буферный газ служит для обеспечения минимального давления в ПХГ и остается в пласте. Актуальное повышение объема активного газа стало возможным благодаря длительному смешиванию первоначально низкокалорийного буферного газа (L-газа) не полностью выработанного месторождения с высококалорийным активным газом.

За счет проведения обширного технического тестирования и модернизации газоперекачивающих агрегатов (ГПА) газохранилища в ПХГ сейчас может храниться больше активного газа. С настоящего момента компания Astora предлагает дополнительную мощность активного газа объемом 200 млн м³ под названием "astora-add". При этом речь идет о не связанном продукте хранения газа с твердой мощностью хранения и минимальным сроком действия 1 сут.

Объем активного газа Реденского ПХГ, который принадлежит компании Astora и расположен на севере Германии, теперь составляет 4,4 млрд м³ и его подземная площадь составляет около 8 км², что делает его самым крупным ПХГ в Западной Европе.

Мощность ПХГ Реден достигает примерно 1/5 совокупной мощности газовых хранилищ в Германии. Таким образом, это ПХГ вносит устойчивый вклад в обеспечение энергоснабжения страны.

С 1950-х гг. нефте- и газодобывающая компания Wintershall вела добычу газа на Реденском газовом месторождении. После его истощения месторождение было переоборудовано в ПХГ, которое было введено в строй в 1993 г. Сегодня Astora занимается реализацией мощностей ПХГ.

Газпром и Wintershall инвестировали почти 3 млрд евро в строительство и развитие транспортной инфраструктуры и ПХГ в Европе. Газпром планирует к 2015 г. увеличить почти в два раза использование мощностей ПХГ в Европе до 4,9 млрд м³.

В настоящее время Газпром использует мощности ПХГ в Австрии (1-я очередь ПХГ Хайдах), а также арендует их в Великобритании (Humbly Grove), Германии (Реден и емкости ПХГ VNG) и Франции (Vitol).

Ранее Газпром предложил реализовать проект по созданию трех ПХГ на территории Словакии на 60...65 млрд м³ природного газа.

Creonenergy Newsletter ■



"ГАЗПРОМ ГЕРМАНИЯ" УВЕЛИЧИТ ЧИСЛО ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ ДО ДЕСЯТИ

Две европейские компании Группы Газпром — чешская "Вемекс" и германская "Газпром Германия", — в 2012 г. ввели в эксплуатацию по четыре новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станции (АГКНС). В итоге они стали операторами шести газозаправочных станций каждая.

В планы "Газпром Германия" входит увеличение числа газозаправочных станций до десяти. Чешская "Вемекс" достигла договоренности с партнерами по рынку о поставках природного газа еще на две АГКНС. В будущем компания планирует развивать сеть собственных станций и поставлять природный газ для снабжения газозаправочных станций партнеров.

Экономическая выгода и экологические преимущества использования газа в автомобильных двигателях очевидны. Газовый двигатель производит на 25 % меньше углекислого газа по сравнению с бензиновым. Показатели экономичности также впечатляют: истратив 10 евро, европейский автовладелец может проехать 103 км на бензине, 164 км на солярке, и 220 км — на компримированном природном газе (КПГ).

За последние два года парк газовых автомобилей в Европе вырос на 40 %. В планах Группы Газпром на 2013 г. — активное развитие газомоторного бизнеса на экспортных рынках, что позволит повысить эффективность использования природного газа на транспорте. ■