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

№ 6 (75) 2013 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Наджафова М.А., Мамедов А.П., Джафарова Р.А., Салманова Ч.К., Ахмедбекова С.Ф.
Фотохромные превращения метилперинафтеновых радикалов в нефтяных люминесцентных концентратах . . . 3

Литвишков Ю.Н., Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М., Шакунова Н.В., Зульфугарова С.М., Аскерова А.И., Марданова Н.М., Кашкай А.М.
Влияние микроволновой интенсификации на жидкофазное окисление м-ксилола, катализированное наноструктурированной Co–Mn/Al_2O_3/Al композицией . . . 6

Гусев М.А., Проскурина Г.В.
Формирование статистических моделей коррекции результатов градиентного метода обнаружения места разрыва на магистральном газопроводе . . . 11

Щанкина В.Г., Серегина Л.К., Шаркина В.И., Меньшиков В.В.
Влияние соединений хрома на формирование Cu–Zn–Al композиции, для процесса разложения метанола в водометанольных смесях . . . 17

Горячев Г.С., Кульбякин В.П., Лебедев С.Ю., Попов Н.А., Желтобрюхов А.В., Суслов А.Н.
Модернизация АГНКС с интегрированием в ее состав оборудования для производства СПГ . . . 22

Ожегов Д.Л.
Дмитрий Медведев: "...Переход на газомоторное топливо способен изменить ситуацию, и мы должны использовать этот переход как наше естественное конкурентное преимущество с учетом наших газовых возможностей" . . . 30

Медведев на совещании в Нижнем Новгороде самокритично признал, что по вопросу внедрения газомоторного топлива в РФ ничего не происходит . . . 31

"Газпром" укрепит свои позиции на рынке газомоторного топлива за рубежом . . . 32

Миллиард рублей – на строительство АГНКС . . . 33

"Газпром" станет эксклюзивным поставщиком газомоторного топлива для Volkswagen Motorsport . . . 35

Шершнев О.В.
Попутный нефтяной газ может работать эффективно . . . 36

1,4 млрд долларов – сумма инвестиций на переработку ПНГ в Югре в 2012–2013 годах . . . 41

Производство и переработка попутного нефтяного газа в России в 2012 году . . . 42

Два проекта ветропарков в Запорожской и Донецкой областях . . . 51

Инновационный MITSUBISHI i-MiEV . . . 52

Международный автопробег ДОСААФ . . . 55

Автобусы в Санкт-Петербурге начнут переводить на газ . . . 56

"Газпром" увеличит производство малотоннажного СПГ на территории России . . . 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. Талышинский** (РАН ИНХС, г. Москва)
академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов** (Респ. Казахстан, г. Алматы)

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

Компьютерная верстка
С.А. Жиркина

Адрес и телефон редакции:
107076, г. Москва, Стромынский 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 21.05.2013 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.

© Издательство "Машиностроение", "АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо", 2013

АГЗК + АТ

«AutoGas Filling Complex + Alternative fuel»

AN INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL MAGAZINE

№ 6 (75) 2013 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

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

CONTENTS

Najafova M.A., Mamedov A.P., Jafarova R.A., Salmanova Ch.Q., Akhmedbekova S.F.

Fotoxromic transformations metilperinaften radicals in oil luminescent concentrates . . . 3

Litvishkov Yu.N., Tretyakov V.F., Talyshinsky R.M., Shakunova N.V., Zul'fugarova S.M., Askerova A.I., Mardanova N.M., Kashkai A.M.

Influence of microwave intensification on the liquid-phase oxidation of m-xylene catalyzed nanostructured Co–Mn/A1$_2$O$_3$/Al composition . . . 6

Gusev M.A., Proskurina G.V.

Formation way of models of results correction of gradient detection method of the rupture place on the main gas pipeline . . . 11

Shchankina V.G., Seregina L.K., Sharkina V.I., Menshikov V.V.

The impact of chromium compounds on the formation of Zn–Cu–Al composition in the process of methanol in water-methanol fraction decomposition . . . 17

Goryachev G.S., Kulbyakin V.P., Lebedev S.Yu., Popov N.A., Jeltobryuhov A.V., Suslov A.N.

AGFCS modernization with the integration into its structure equipment for LNG production . . . 22

Ozhegov D.L.

Dmitry Medvedev: "...the Transition to gas motor fuel is able to change the situation, and we should use this transition as our natural competitive advantage considering our gas opportunities" . . . 30

Medvedev at the meeting in Nizhny, self-critical and admitted that on the issue of the introduction of gas as motor fuel in the Russian Federation nothing happens . . . 31

"Gazprom" will strengthen its positions on the market of gas as motor fuel abroad . . . 32

Billion rubles – for the construction of CNG stations . . . 33

"Gazprom" will become the exclusive supplier of gas motor fuel for Volkswagen Motorsport . . . 35

Shershnev O.V.

Associated petroleum gas can work effectively . . . 36

1,4 billion dollars, the amount of investments in the processing of associated petroleum gas in Yugra in 2012–2013 . . . 41

Production and processing of associated petroleum gas in russia in 2012 . . . 42

Two projects of wind parks in Zaporozhye and Donetsk regions . . . 51

Innovative Mitsubishi I-miev . . . 52

International motor rally of DOSAAF . . . 55

Buses in St. Petersburg will start transferring to gas . . . 56

"Gazprom" will increase production of low-tonnage LNG by territories of Russia . . . 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. Kornyushko – doctor of technical sciences, honored scientist of the Russian Federation

The editorial board:
doct. of techn. sc. **S.P. Gorbachev** (LLC "VNIIGAZ", Moscow)
corresponding member of the AS RT **G.S. D'yaconov** (Tatarstan Resp., Kazan)
doct. of techn. sc. **N.A. Ivashchenko** (Bauman MSTU, Moscow)
doct. of techn. sc. **N.G. Kirillov** (LLC "IPC Stirling-Technology", St. Petersburg)
doct. of techn. sc. **G.K. Lavrenchenko** ("UA-SIGMA", Ukraine)
corresponding member of the ANAS **Y.N. Litvishkov** (Azerbaijan, Baku)
academician of the NAS **I.I. Lishtvan** (Belarus, Minsk)
academician of the RANS **S.V. Meshcheryakov** (MINGP, Moscow)
doct. of econom. sc. **A.V. Nikolaenko** (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 (Roskomnadzor), **Registration certificate PI N FS77–48491**

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

© "Mashinostroenie Publishers", "Autogas filling complex + alternative fuel", 2013

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 метилперинафтенового 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 прекращения возбуждающего света.

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

FOTOXROMIC 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 Yu.H. Mamedaliyev Institute of Petrochemical Processes, Baku

By EPR method were studied foto- and termal properties of metilperinaften radicals (R_{mpn}) in luminescent concentrates, ekstracted from catalytic cracking heavy qaz oil (fr. > 400 °C). Investigated regularities generation R_{mpn} and decrease observed this radicals upon photoirradiation and reducing [R_{mpn}] 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 перинафтеновых радикалов были работы авторов [4, 5]. Анализ ЭПР-спектра радикалов перинафтена, являющихся весьма стабильными, допускающие их вакуумную перегонку [6], показал, что их спектр представляет собой семь групп линий, каждая из которых представляет собой квартет с биноминальным соотношением интенсивностей общей протяженностью спектра, равной 49 Гс.

Впервые об обнаружении в ЛК, выделенных из тяжелых нефтяных остатков (фр. > 400 °С полимерной нафты), 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 метилперинафтенового 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 наблюдае-

мого 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 $R_{мпн}$ 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 $R_{мпн}$ радикалы указало на их высокую светочувствительность и на обратимый характер этого процесса.

С этой целью нами были проведены кинетические измерения концентрации радикалов $R_{мпн}$ 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. 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 (кр *2, б*), которая восстанавливается до первоначального положения после прекращения

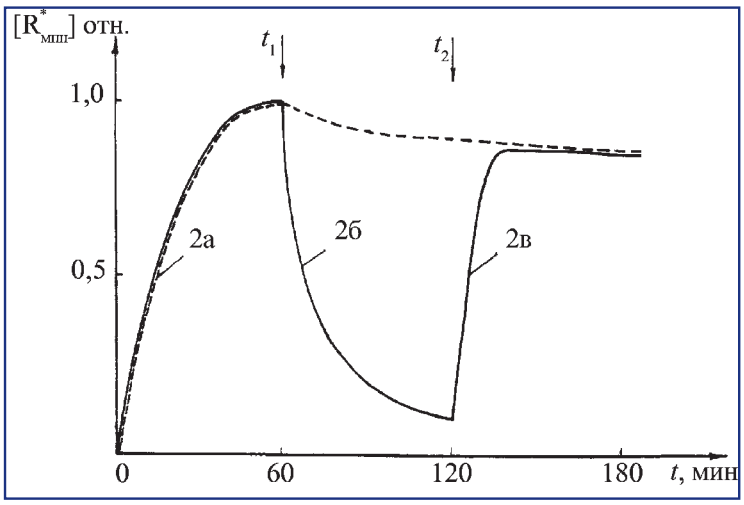


Рис. 1. Кинетические кривые генерации $R_{мпн}$ в ЛК в зависимости от времени нагрева (кр. 1), фотооблучения (кр. 2, б) и после прекращения возбуждающего света (кр. 2, в)

облучения в момент времени t_2 (кр. *2*, *в*). Данный цикл – уменьшение при фотооблучении и восстановление концентрации радикалов после прекращения облучения неоднократно повторяется с одним и тем же образцом 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 $R_{мпн}$ 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, кр. *2*, *в*) можно объяснить, если принять во внимание, что в пероксидах метилперинафтенового радикала из-за большого сродства ароматического фрагмента к электрону соотношение энергии разрыва связи $R_{мпн}–O_2–R_{мпн}$ ослабляется по сравнению с аналогичной связью других пероксидов. Оттягивание электронного облака связи димера R–R метилперинафтенового 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 $R_{мпн}–O_2–R_{мпн}$ и $R_{мпн}–R_{мпн}$ с образованием $R_{мпн}$ 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. 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. 35. P. 1076.

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

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

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. 528 с.

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

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. 187 с.

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", г. Звенигород. 2012. 256 с.

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

УДК: 665.55:538.56

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НА ЖИДКОФАЗНОЕ ОКИСЛЕНИЕ М-КСИЛОЛА, КАТАЛИЗИРОВАННОЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ CO–MN/AL$_2$O$_3$/AL КОМПОЗИЦИЕЙ

Ю.Н. Литвишков, Н.В. Шакунова, С.М. Зульфугарова, А.И. Аскерова, Н.М. Марданова, А.М. Кашкай, Институт химических проблем им. академика М.Ф. Нагиева НАН Азербайджана,
В.Ф. Третьяков, Р.М. Талышинский,
Институт нефтехимического синтеза Российской Академии Наук

Изучено микроволновое излучение на процесс гетерогенно-каталитического жидкофазного окисления м-ксилола в зависимости от размера кристаллитов активной массы Co–Mn/Al$_2$O$_3$/Al-катализатора. Показано, что микроволновое излучение способствует резкому сокращению индукционного периода реакции и времени достижения максимального выхода целевого продукта – м-толуиловой кислоты с увеличением дисперсности кристаллитов активной массы катализатора до наноразмерного состояния.

Ключевые слова: жидкофазное окисление, м-ксилол, гетерогенно-гомогенный катализ, наноразмерное состояние, мезопоры СВЧ-излучение, инициирование свободных радикалов, ингибитор, межфазная граница, среднемассовая температура.

INFLUENCE OF MICROWAVE INTENSIFICATION ON THE LIQUID-PHASE OXIDATION OF M-XYLENE CATALYZED NANOSTRUCTURED CO–MN/AL$_2$O$_3$/AL COMPOSITION

Yu.N. Litvishkov, N.V. Shakunova, S.M. Zul'fugarova, A.I. Askerova, N.M. Mardanova, A.M. Kashkai, Of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS,
V.F. Tretyakov, R.M. Talyshinsky, Of the Institute of Petrochemical Synthesis

The microwave radiation on the process of heterogeneous catalytic liquid phase oxidation of m-xylene as a function of the crystallites size of the active mass Co–Mn/Al$_2$O$_3$/Al-catalyst was studied in the article. It was shown, that microwave radiation is contributing to a sharp reduction in the induction period of reaction and time of reaching the maximum yield of the target product, m-toluic acid, with increasing dispersion of the crystallites of the catalyst active mass to the nanoscale state.

Keywords: liquid-phase oxidation, m-xylene, heterogeneous homogeneous catalysis, nanoscale state, mesopores, microwave radiation, initiating free radicals, inhibitor, the interface, the weight-average temperature.

Введение

Микроволновая химия гетерогенного катализа интенсифицирует гетерогенно-каталитические превращения веществ под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (СВЧ) [1–4].

В отличие от традиционных методов термического воздействия на систему реакционная среда – катализатор, при проведении процессов в СВЧ-поле нагрев сырья происходит менее интенсивно, поскольку основным элементом реакционной системы, поглощающим излучение и преобразующим энергию СВЧ-поля в теплоту, является собственно гетерогенный катализатор. При этом специфика воздействия микроволнового излучения наиболее рельефно должна проявиться и в случае гетерогенно-каталитических жидкофазных процессов превращения углеводородов, для которых, из-за разницы диэлектрических потерь и относительно низкой теплопроводности реакционной среды, на границе раздела фаз твердое тело – жидкость, возможно локальное достижение температуры, превышающей среднемассовую температуру реакционной системы. Это, в свою очередь, может привести к превалированию гетерогенных реакционных маршрутов над маршрутами гомогенного превращения и изменению соотношения скоростей образования целевых и побочных продуктов.

Ранее, в работах [5, 6] нами была исследована активность Co–Mn/A1$_2$O$_3$/A1-катализаторов в реакции жидкофазного окисления м-ксилола в м-толуиловую ки-

слоту, протекающей по радикально-цепному гетерогенно-гомогенному механизму и показано, что в сравнении с массивными образцами, более высокие значения отношения гетерогенной поверхности к объему загружаемого в реактор окисляемого углеводорода (S/V), характерные для катализаторов нанесенного типа, способствуют росту скорости зарождения и продолжения цепей, как в начальный период, так и в период развившейся реакции. В работе [7] установлено также, что с ростом удельной поверхности образцов, полученных термообработкой в сверхвысокочастотном поле интенсифицируется поглощение микроволнового излучения и при этом наблюдается заметное сокращение времени реакции до достижения максимального выхода целевого продукта – мета-толуиловой кислоты.

В рамках данной работы нами предпринята попытка выявления возможных причин интенсифицирующего воздействия СВЧ-излучения на активность Co-Mn/A1$_2$O$_3$/A1-катализаторов в стадии гетерогенно-каталитического инициирования радикально-цепного процесса окисления м-ксилола.

Экспериментальная часть

Превращение м-ксилола осуществлялось на установке, совмещающей реакционный узел с внешним контуром циркуляции газового потока (N_2+O_2), сконструированной на базе микроволновой печи марки EM-G5593V (Panasonic) с объемом резонатора 23 л и варьируемой мощностью генератора излучения 200...800 Вт при рабочей частоте 2450 МГц. Температура в реакционной зоне измерялась с помощью дистанционного бесконтактного инфракрасного пирометра марки VA6520 с диапазоном измерения 223...873 K. Отвод избытка теплоты из реакционной зоны осуществлялся отходящим потоком кислородно-азотной смеси. Во избежание неожиданного перегрева реактора в резонаторе печи устанавливалась шунтирующая емкость с циркулирующей дистиллированной водой.

Идентификация основной части компонентного состава жидкой фазы катализатов проводилась методом газохроматографического анализа – сопоставлением величин удерживаемых объемов продуктов реакции с таковыми, найденными для реактивных продуктов [5].

Образцы катализаторов готовились методом пропитки (по влагоемкости) поглощающего микроволновое излучение (2450 МГц) пористого Al_2O_3/Al носителя [8] растворами нитратов, ацетатов и ацетилацетонатов кобальта и марганца с дальнейшим их термолизом и кальцинацией в условиях электрообогрева, а также воздействия СВЧ-излучения, способствующих образованию каталитически активной фазы кобальтита марганца ($MnCo_2O_4$) [9].

Текстурные характеристики рассчитывали методом БЭТ (проточное измерение изотерм адсорбции азота при температуре 77 K) на приборе Q-Surf M3 фирмы Thermo Electron Corporation.

Рентгенофазовый анализ и исследование микроструктуры порошкообразных образцов проводили на дифрактометре марки ДРОН-4 с использованием CuK_α-излучения (λ = 1,54051 нм). Дифрактограммы анализировались с использованием базы данных JCPDS. Средние размеры кристаллитов фазы $MnCo_2O_4$ (областей когерентного рассеивания) оценивались по уширению рефлексов на дифрактограммах исходя из формулы Дебая–Шеррера [10]:

$$D = \frac{k\,\lambda}{\beta \cos\theta}, \qquad (1)$$

где D – средний размер кристаллитов; λ – длина волны рентгеновской трубки; β – ширина дифракционного максимума на половине высоты; θ – дифракционный угол; k = 0,9 – поправочный коэффициент.

В табл. 1 приведены характеристики образцов катализаторов с равным содержанием активных металлов в матрице носителя – 15 % масс. (атомное соотношение Co:Mn = 2:1), синтезированных с использованием в качестве прекурсоров – нитратов, ацетатов и ацетилацетонатов Co и Mn в условиях традиционной термообработки (серия А) и термообработки в поле СВЧ (серия Б).

Видно, что независимо от способа термической обработки катализаторов и природы прекурсоров, ис-

Таблица 1

Результаты синтеза образцов Co–Mn/A12O3/A1-катализаторов жидкофазного окисления м-ксилола

№ п/п	Образцы катализаторов	Условия термообработки		$S_{уд}$, м^2/г	Общий объем пор, см^3/г	Объем мезопор, см^3/г	D – средний размер кристаллической фазы $MnCo_2O_4$, нм
		Термолиз, Т	Кальцинация, Т, К/время, мин				
Серия А							
1	Нитраты	593/150	773/240	182	0,57	0,38	250
2	Ацетаты	628/180	753/240	175	0,55	0,41	180
3	Ац. ацетон	573/180	678/270	178	0,56	0,36	120
Серия Б							
1	Нитраты	578/12	768/15	187	0,62	0,44	75
2	Ацетаты	573/10	763/18	185	0,58	0,42	60
3	Ац. ацетон	553/10	763/20	183	0,58	0,40	45

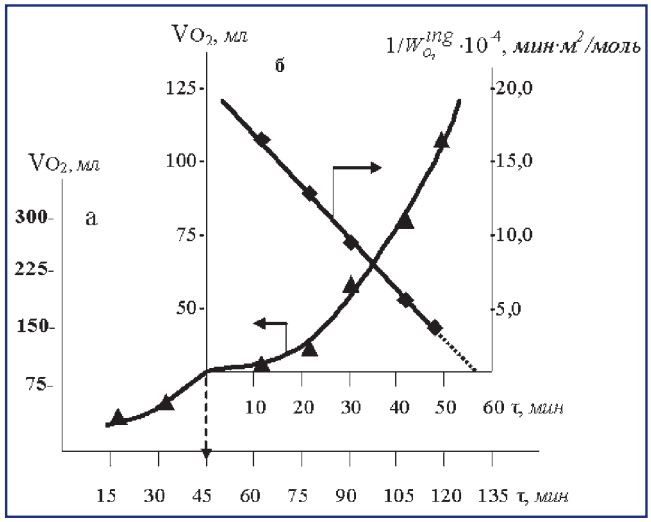


Рис. 1. *Кинетика поглощения кислорода в отсутствие ингибитора (а), при введении ($5{,}5\cdot10^{-4}$ моль/л) N,N′-ди-β-нафтил-пара-фениленди-амина, (б) (отмечено стрелкой) и обратная величина скорости поглощения кислорода в присутствии Co–Mn/A1$_2$O$_3$/A1-катализатора (образец 3, б). Мощность магнетрона 600 Вт. Среднемассовая температура 413 К, величина отношения поверхности катализатора к объему углеводородной фазы (S/V) = $3\cdot10^6$ м$^{-1}$*

пользуемых для формирования активной массы, их текстурные характеристики практически не изменяются и определяются структурой носителя с преобладающим содержанием мезопор. Тем не менее, при термообработке образцов под воздействием микроволнового излучения наблюдается формирование более мелкодисперсной наноразмерной структуры кристаллитов активной массы. Этому, вероятно, способствуют сравнительно малые времена экспозиции образцов в поле СВЧ как в процессе термолиза соединений активных металлов, так и образования оксидных фаз, не благоприятствующие росту размера кристаллитов.

Скорость зарождения свободных радикалов при окислении м-ксилола, как в условиях воздействия микроволнового излучения, так и в условиях традиционного нагрева реакционной системы, измеренная по скорости поглощения кислорода ($W_{O_2}^{ing}$) в присутствии ингибитора N,N'-ди-β-нафтил-пара-фениленди-амина ($5{,}5...6{,}0\cdot10^{-4}$ моль/л), расход которого контролировали спектрофотометрически, вычислялась по формуле [11]:

$$W_{ing} = \frac{2\,\Delta[InH]}{S\,\tau_{ing}}, \qquad (2)$$

где W_{ing} – скорость расходования ингибитора (моль/м^2·мин); $\Delta[InH]$ – количество израсходованного ингибитора (моль); S – площадь образца катализатора (м^2); 2 – стехиометрический коэффициент ингибирования; τ_{ing}– отрезок времени (мин) на оси абсцисс при экстраполяции кривой в координатах $1/W_{O_2}^{ing}$ – τ (рис. 1).

За начало новой временной координаты принимался момент введения ингибитора (отмечено пунктирной стрелкой).

Установлено, что введение ингибитора в начальный момент реакции не приводит к полному торможению поглощения кислорода, причем, этот факт не является следствием недостаточной эффективности используемого ингибитора, а связан с наличием неингибируемых гетерогенно-каталитических маршрутов превращения м-ксилола.

Полагая, что в условиях неразвившейся цепной реакции процесс образования свободных радикалов определяется стадией гетерогенно-каталитического инициирования цепей, представляется возможным оценить ее скорость в виде разницы скорости поглощения кислорода в присутствии ингибитора ($W_{O_2}^{ing}$) и скорости ингибирования цепей (W_{ing}),

$$W_R = W_{O_2}^{ing} - W_{ing}\ . \qquad (3)$$

Рисунок 2 иллюстрирует симбатную зависимость скорости гетерогенной стадии инициирования цепного процесса окисления м-ксилола и скорости нагрева реакционной системы (2) за счет поглощения энергии микроволнового излучения гетерогенными катализаторами и трансформации ее в теплоту. При этом, образцы Co–Mn/A1$_2$O$_3$/A1-катализатора, приготовленные на базе ацетилацетонатов активных металлов превосходят образцы, полученные на основе нитратов и ацетатов одноименных металлов по названным показателям.

Сопоставление данных рис. 2 и табл. 1 дает основание предполагать, что более интенсивное поглощение энергии СВЧ-излучения образцами катализатора, приготовленными на основе ацетилацетонатов Co и Mn, и, соответственно, более высокие значения скорости инициирования радикалов в их присутствии обусловлены наличием мелкодисперсной наноразмерной структуры кристаллитов активной массы.

На рис. 3 представлена зависимость начальной скорости гетерогенно-каталитического инициирования цепей от концентрации растворенного кислоро-

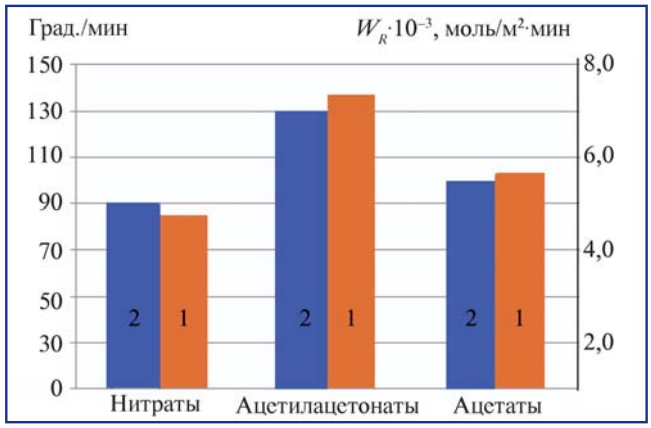


Рис. 2. *Зависимость скорости гетерогенно-каталитического инициирования свободных радикалов (1) и скорости нагрева реакционной системы (2) от природы катализаторов, поглощающих СВЧ-излучение*

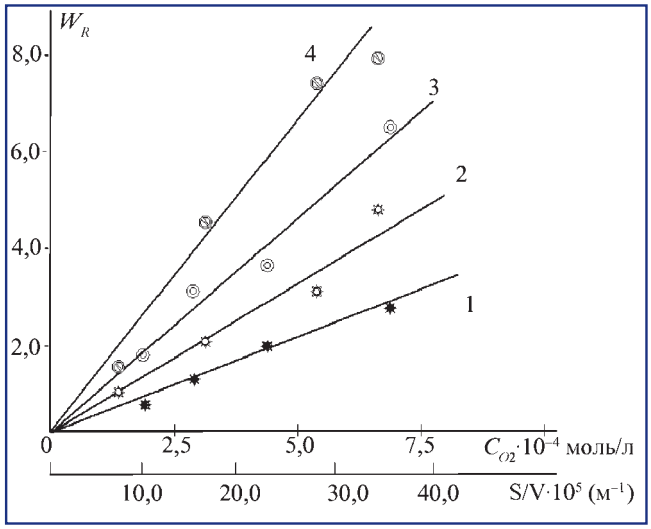


Рис. 3. *Зависимость начальной скорости гетерогенно-каталитического инициирования цепей на поверхности Co–Mn/A1$_2$O$_3$/A1-катализатора (образец 3, б) от концентрации кислорода при S/V = 3·10^6 м$^{-1}$ и количества вводимого катализатора при C_{O_2} = 6,5·10^{-4} моль/л, в условиях нагрева реактора электрической спиралью (1, 3) и воздействия микроволнового излучения мощностью 600 Вт (2, 4). Среднемассовая температура: 413±2 К*

да и катализатора при окислении м-ксилола в условиях его конверсии, не превышающей 8...10 %, когда изменением концентрации углеводорода на кинетику радикально-цепного процесса можно пренебречь.

Видно, что при фиксированных значениях установившейся среднемассовой температуры в реакционном аппарате, количества вводимого катализатора и концентрации кислорода величина начальной скорости гетерогенно-каталитического зарождения свободных радикалов (W_R) в условиях поглощения микроволнового излучения превышает таковую в условиях традиционного термического воздействия. Причем, с увеличением температуры реакции, достигаемой за счет увеличения мощности магнетрона, разница значений скорости инициирования свободных радикалов становится более ощутимой (рис. 4).

Наблюдаемую пропорциональность W_R концентрации кислорода к количеству вводимого катализатора можно объяснить следующей схемой образования свободных радикалов при взаимодействии м-ксилола с активными центрами на гетерогенной поверхности катализатора (стадия 2 предполагается медленной):

$$\begin{aligned} &RH + Z_{(окисл)} \xrightarrow{k_1} R\cdot + Z_{(восст)}\ ; \\ &Z_{(восст)} + O_2 \xrightarrow{k_{2\,медл}} Z_{(окисл)} + H_2O, \end{aligned} \qquad (4)$$

где $Z_{(окисл)}$ – окисленный центр; $Z_{(восст)}$ – восстановленный центр на поверхности катализатора.

Согласно приведенной схеме, скорость генерирования свободных радикалов гетерогенной поверхностью в ее квазистационарном состоянии может быть приравнена скорости образования реокисленных центров $Z_{(окисл)}$:

$$\begin{aligned} W_R &= \frac{dR\cdot}{d\tau} = k_1\,[RH]\,\Theta_{окисл} = \\ &= \frac{dZ_{окисл}}{d\tau} = k_2\,\Theta_{восст}\,[O_2] - k_1\,[RH]\,\Theta_{окисл}\ , \end{aligned} \qquad (5)$$

где [RH] – начальная концентрация м-ксилола (моль/л); [O_2] – концентрация растворенного кислорода (10^{-3} моль/л); k_1 и k_2 – константы скоростей восстановления и реокисления активных центров; $\Theta_{окисл}$ и $\Theta_{восст}$ – концентрации окисленных и восстановленных центров на поверхности катализатора, нормированные к единице:

$$\Theta_{окисл} + \Theta_{восст} = 1\ . \qquad (6)$$

Решая уравнение (5) относительно $\Theta_{окисл}$ при несложных преобразованиях получим следующее выражение удельной скорости инициирования свободных радикалов, нормированной к единице поверхности загруженного катализатора:

$$W_R = \frac{dR\cdot}{d\tau} = \frac{k_1\,[RH]\,k_2\,[O_2]}{k_1\,[RH] + k_2\,[O_2]}. \qquad (7)$$

В условиях эксперимента, когда $k_1\,[RH] >> k_2\,[O_2]$, получаем:

$$W_R = \frac{dR}{d\tau} = k_2\,[O_2] = k_R\,C_{O_2} = k_0\,e^{-\frac{E_a}{RT}}\,C_{O_2}\ , \qquad (8)$$

где k_R – может быть рассмотрена как константа удельной скорости гетерогенного зарождения м-ксилильных радикалов; E_a – энергия активации; k_0 – предэкспоненциальный множитель.

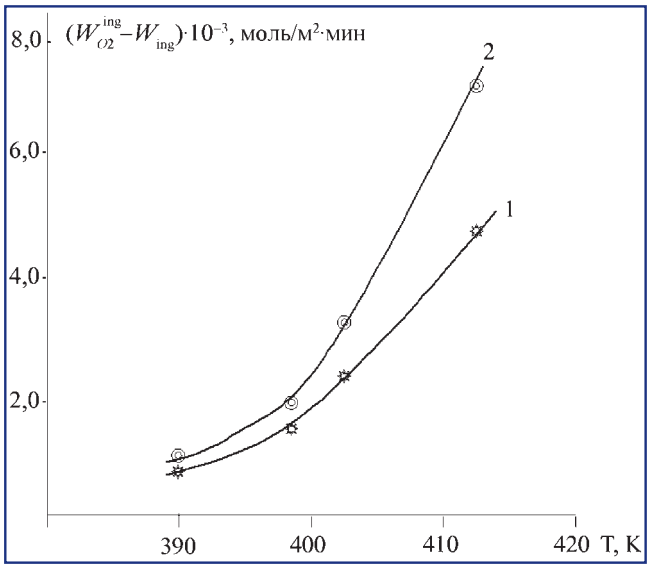


Рис. 4. *Зависимость начальной скорости гетерогенно-каталитического инициирования цепей на поверхности Co–Mn/A1$_2$O$_3$/A1-катализатора (образец 3, б) от среднемассовой температуры, при концентрации кислорода C_{O_2} = 6,5·10^{-4} моль/л и количества вводимого катализатора S/V = 3·10^6 м$^{-1}$ в условиях нагрева реактора электрической спиралью (1) и воздействия микроволнового излучения, при входной мощности соответственно 200, 320, 480, 640 Вт (2)*

Таблица 2

Кинетические параметры стадии гетерогенного зарождения м-ксилильных радикалов при различных способах энергетического воздействия на реакционную систему

	Нагрев электроспиралью				Воздействие поля СВЧ			
Среднемассовая температура, К	388	398	403	413	388	398	403	413
k_R, м/мин	1,15	2,31	3,69	7,23	2,84	5,23	7,15	18,53
E_a, КДж/моль	122,5				121,8			
lg k_0	16,3				16,7			

В табл. 2 приведены значения кинетических параметров стадии гетерогенного зарождения м-ксилильных радикалов для случая традиционного нагрева реактора и термического воздействия СВЧ-излучения, рассчитанных из аррениусовской зависимости k_R от температуры на базе массивов экспериментальных данных, аппроксимируемых уравнением (8).

Видно, что значения констант удельной скорости гетерогенного зарождения м-ксилильных радикалов в случае воздействия на реакционную систему микроволновым излучением превышают таковые при нагреве традиционным способом, причем с ростом температуры реакции разница в величинах констант резко возрастает.

Примечательно, что значения энергии активации зарождения свободных радикалов для обоих способов энергетического воздействия практически не изменяются. Это свидетельствует об отсутствии "нетермического" эффекта активации процесса генерирования м-ксилильных радикалов из-за относительно низкой энергии кванта СВЧ-излучения, по сравнению с энергией разрыва связи С–Н в молекуле ксилола [12].

Заключение

Принимая во внимание разницу диэлектрических потерь в массе гетерогенного катализатора и объеме окисляемого м-ксилола, а также специфику распространения температурного фронта при поглощении микроволнового излучения, можно допустить возникновение на межфазной границе окисляемый углеводород – катализатор участков локального перегрева, температура которых может превышать измеряемую среднемассовую температуру в объеме реакционного пространства [13].

Данный факт, вследствие снижения значения экспоненты в приведенном уравнении (8), может являться реальной причиной наблюдаемого увеличения удельной скорости инициирования свободных радикалов при воздействии микроволнового излучения на процесс гетерогенно-каталитического окисления м-ксилола, а в условиях развившейся реакции – сокращения времени достижения максимального выхода м-толуиловой кислоты, ранее установленного нами в работе [7].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Mingos D.M.P., Baghurst D.R.** Applications of Microwave Dielectric Heating Effects to Synthetic Problems in Chemistry // Microwave Enhanced Chemistry (Eds.:H. M. Kingston, St. J. Haswell) ACS, Washington (DC). 1997. P. 3–53.

2 . **Бердоносов С.С.** Микроволновая химия // Соросовский образовательный журнал. Т. 7. 2001. № 1. С. 32–38.

3. **Бахонин А.В., Бикбулатов И.Х., Даминев Р.Р., Кузеев И.Р., Шулаев Н.С., Бахонина Е.И.** Применение электромагнитного сверхвысокочастотного излучения для каталитического дегидрирования углеводородов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2002. № 2. С. 19–23.

4. **Литвишков Ю.Н.** СВЧ-технологии в гетерогенном катализе / Материалы Азербайджано-Российского симпозиума с международным участием "Катализ в решении проблем нефтехимии и нефтепереработки". Баку, 28–30.09.2010 г. KL-14. С. 30.

5. **Шакунова Н.В., Зульфугарова С.М., Алескерова З.Ф., Фараджев Г.М. Литвишков Ю.Н.** Некоторые закономерности жидкофазного окисления м-ксилола в присутствии Co–Mn/Al_2O_3/Al-каркасных катализаторов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2005. № 12. С. 21–23.

6. **Литвишков Ю.Н., Зульфугарова С.М., Шакунова Н.В., Алескерова З.Ф.** Зарождение и продолжение цепей в условиях развившейся реакции жидкофазного окисления м-ксилола в присутствии Co–Mn/$A1_2O_3$/A1-каркасного катализатора // Азербайджанский химический журнал. 2006. № 1. С. 26–28.

7. **Литвишков Ю.Н., Эфендиев М.Р., Гусейнова Э.М., Шакунова Н.В., Марданова Н.М.** Гетерогенно-каталитическое жидкофазное окисление м-ксилола в электромагнитном поле СВЧ-диапазона / Материалы Азербайджано-Российского симпозиума с международным участием "Катализ в решении проблем нефтехимии и нефтепереработки". Баку. 28–30.09.2010. PP-55. С. 214–215.

8. **Литвишков Ю.Н., Третьяков В.Ф., Талышинский Р.М., Эфендиев М.Р., Гусейнова Э.М., Шакунова Н.В., Мурадова П.А.** Синтез пористого A1/$A1_2O_3$-носителя катализатора, стимулируемый электромагнитным излучением СВЧ-диапазона // Нанотехнологии. Наука и производство. 2011. № 1 (10). С. 5–10.

9. **Шакунова Н.В., Нагдалиева Ю.Р., Дадашева Ш.А., Джафарова С.А., Зульфугарова С.М., Марданова Н.М., Литвишков Ю.Н.** Направления превращений м-толуилового альдегида при жидкофазном окислении в присутствии Co–Mn/Al_2O_3/Al-каркасного катализатора // Химические проблемы. 2006. № 4. С. 651–655.

10. **Андреева В.Д., Новиков В.Е., Боричева И.К., Спешилова А.Б.** Специальные методы рентгенографии и электронно-микроскопического исследования материалов. СПб.: Изд-во политехнического университета, 2008. 98 с.

11. **ГОСТ Р 53024–2008.** Метод определения перекисного числа (гидроперекисей и пероксидов). М.: Стандартинформ, 2009.

12. **Краткий** справочник физико-химических величин: под ред. К.П. Мищенко и А.А. Равделя. Л.: Химия, 1974. 200 с.

13. **Бердоносов С.С., Бердоносова Д.Г., Знаменская И.В.** Микроволновое излучение в химической практике // Химическая технология. 2000. № 3. С. 2–8.

ФОРМИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОРРЕКЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГРАДИЕНТНОГО МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА РАЗРЫВА НА МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ

М.А. Гусев, Г.В. Проскурина, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

В статье обоснован выбор метода обнаружения места утечки на магистральном газопроводе и предложен способ его совершенствования.

Ключевые слова: магистральный газопровод, разрыв трубы, градиентный метод, статистическая модель.

FORMATION OF THE STATISTICAL MODELS OF RESULTS CORRECTION OF GRADIENT DETECTION METHOD OF THE RUPTURE PLACE ON THE MAIN GAS PIPELINE

Gusev M.A., Proskurina G.V., Vladimir state university named after Alexander and Nikolay Stoletovs

In article the choice of a method of detection of a place of leak on the main gas pipeline is reasonable and the way of its improvement is offered.

Keywords: main gas pipeline, pipe rupture, the gradient method, the statistical model.

Введение

Газотранспортная сеть (ГТС) России по своей протяженности не имеет аналогов в мире, объемы поставок газа по прогнозам к 2020 г. увеличатся до 670 млрд м^3. По опубликованным данным доля магистральных газопроводов (МГ) старше 33 лет (нормативный срок службы) составляет более 21 % от общего объема. Изношенность трубопровода может привести к его повреждению, особенно в условиях зон геодинамической активности, участках напряженного состояния недр и пр. Аварийные ситуации на газопроводе приводят к значительным финансовым потерям и чреваты экологическими катастрофами. При полном разрыве трубы только за первую минуту газотранспортная сеть потеряет объем газа на сумму порядка 1 млн руб. Технологии реконструкции и ремонта, а также антикоррозионный мониторинг магистральных газопроводов снижают риск возникновения аварий, но полностью предотвратить их не в силах.

При возникновении аварийной ситуации ответственность по ее оперативному устранению ложится на диспетчера линейно-производственного управления. В силу психологического давления, условий жесткого лимита времени, фактора неожиданности и большой информационной нагрузки в ходе ликвидации аварии диспетчером могут совершаться ошибки. Поскольку аварийные ситуации на магистральном газопроводе возникают редко, а последствия их могут быть катастрофическими, возникает острая необходимость в информационной поддержке диспетчерского персонала в распознавании аварийной ситуации, принятии срочных и адекватных мер по ее локализации.

В диспетчерской деятельности наряду с базовой функцией контроля технологического процесса значительное место занимает функция принятия решений. Современные средства информационной поддержки диспетчера при управлении ГТС недостаточны, и необходимо их совершенствование в части интеллектуальной поддержки принятия решений диспетчером, в частности, в аварийных или нештатных ситуациях (НС) на МГ. В качестве инструмента совершенствования предлагается программно-аппаратный комплекс мониторинга и поддержки принятия решений (ППР) диспет-

чера магистрального газопровода, рассматриваемый как часть человеко-машинной системы.

Во Владимирском ГУ разработан прототип интеллектуального комплекса, включающего модули мониторинга МГ и ППР диспетчера ЛПУ МГ [1]. Основной целью комплекса мониторинга является сокращение потерь при возникновении нештатных ситуаций за счет увеличения скорости реакции диспетчера ЛПУ. Комплекс позволяет автоматизировать обработку нештатных ситуаций (НС) и производить поддержку принятия решений на всех этапах выхода из НС. При возникновении НС, связанной с единичным разрывом МГ, первой задачей является определение места возникновения утечки. Некорректное решение этой задачи не позволит правильно локализовать нештатную ситуацию и приведет к дополнительным потерям.

Обоснование выбора метода обнаружения координат НС

Обнаружить утечку газа гораздо труднее, чем утечку нефти – вытекающая нефть стремительно окрашивает почву и утечка становится заметной довольно быстро, газ же может бесследно уходить в атмосферу месяцами. Как правило, об утечке газа компания узнает лишь по нехватке объемов прокачиваемого газа. Кроме того, достаточно лишь искры вблизи утечки – и взрыв неминуем. Поэтому в настоящее время ведется большая работа как в России, так и за рубежом по разработке методов обнаружения утечек газа на МГ.

Наиболее часто в центральных регионах России используется визуальный метод мониторинга газотранспортных систем, при котором обнаружение мест утечек происходит по внешним признакам (специфический запах, пожухлая трава и т.д.). Данный метод требует наименьших денежных вложений, однако он не применим в регионах с экстремальными климатическими условиями и очень низкой плотностью заселения, а именно по таким регионам проходит большая часть российских МГ (рис. 1).

Современные программно-аппаратные комплексы предлагают широкий спектр методов, базирующихся на самых различных технических принципах. Так, техасская фирма "SensorTran" еще в 2006 г. получила дотацию в размере 5,5 млн долл. на дальнейшую разработку специальных волоконно-оптических сенсоров, позволяющих круглосуточно следить за состоянием трубопровода и вовремя обнаруживать неполадки.

Майкл Стивен, профессор Ноттингемского университета, специализирующийся на экологической экспертизе местности, по которой должны пройти трассы будущих трубопроводов, предложил анализировать цвет листвы растений с помощью высокочувствительного спектрометра. Опыты подтвердили эффективность метода и его универсальность – подходит для разных климатических зон Европы. В России оба подхода сталкиваются с непреодолимыми трудностями. Использование специализированных датчиков невозможно из-за отсутствия источников питания, обслуживающего персонала, скудны возможности защиты от несанкционированного доступа. В условиях вечной мерзлоты сложно отслеживать изменения в состоянии растений.

Реалиями МГ северных регионов России становится установка датчиков системы телемеханики через каждые 15...30 км (4–6 датчиков на каждые 100 км МГ) и отслеживание уровня давления и температуры газа в трубе в режиме реального времени. Идентификация места разрыва по таким разрозненным данным представляется достаточно сложной проблемой. В работах [1, 2] предложен метод, основанный на моделировании изменения давления в газопроводе для различных возможных мест разрыва. Разрыв находится в том месте, при

Рис. 1. Карта газотранспортной системы ОАО "Газпром"

моделировании разрыва в котором значение скорости падения модельного давления будет с меньшей погрешностью отличаться от скоростей падения давления, фактически показанных датчиками. Моделирование газовой динамики производится путем численного решения систем дифференциальных уравнений. Эта задача при условии соблюдения заданного уровня точности и необходимости моделирования нескольких вариантов потенциального разрыва одновременно в нескольких местах обладает колоссальной вычислительной сложностью даже при наличии аппаратной или программной возможности параллельных вычислений. В работах [1, 4, 5] предлагается приближенный градиентный метод.

Суть метода заключается в том, что в случае разрыва какой-либо трубы на графике распределения давления газа по МГ образуется впадина (воронка), экстремум которой, предположительно, приходится именно на ту координату трубы, на которой произошел разрыв. Именно данный метод использован при реализации прототипа СППР диспетчера, использующей в качестве источника данных тренажер диспетчера, созданный НИИИС им. Седакова (г. Нижний Новгород).

Модели совершенствования градиентного метода

Для оценки качества работы градиентного метода на прототипе проведен вычислительный эксперимент, план которого представлен в табл. 1, и введены основные характеристики работы, важнейшей из которых является ошибка средней найденной координаты разрыва.

Под средней по модулю ошибкой нахождения координаты утечки $\xi_{ср}$ будем понимать среднее арифметическое ошибок ξ_i метода обнаружения места НС, взятых по модулю:

$$\xi_{ср} = \frac{\sum_{i=0}^{n} |\xi_i|}{n},$$

Таблица 1

Диапазон варьирования факторов при планировании эксперимента

Фактор	Минимальное значение	Максимальное значение	Шаг
Номер нитки с моделируемым разрывом *I*	1	4	1
Километр МГ, на котором моделируется утечка, *K*, км	145	240	5
Площадь сечения моделируемого разрыва в процентах от площади сечения трубы *P*, %	20	80	20
Время от момента запуска моделирования разрыва *T*, с	0	472	8

где n – число моментов времени T, в которые системой снимались показания.

За среднюю найденную координату утечки $\overline{Y}$ примем среднее арифметическое откликов Y по всему временному ряду:

$$\overline{Y} = \frac{\sum_{i=0}^{n} Y_i}{n}.$$

Под ошибкой нахождения координаты $\overline{Y}$ будем понимать величину $\xi_{ср}^{Y}$, равную разности средней найденной и фактической координат утечки. Нормальное распределение величин $\xi_{ср}$ и $\xi_{ср}^{Y}$ [3] позволяет применять целый спектр методов статистического анализа и моделирования.

С целью определения влияния факторов на точностные характеристики метода проведен дисперсионный анализ, выявивший высокую точность работы градиентного метода при возникновении утечки вблизи датчиков давления (рис. 2) и неэф-

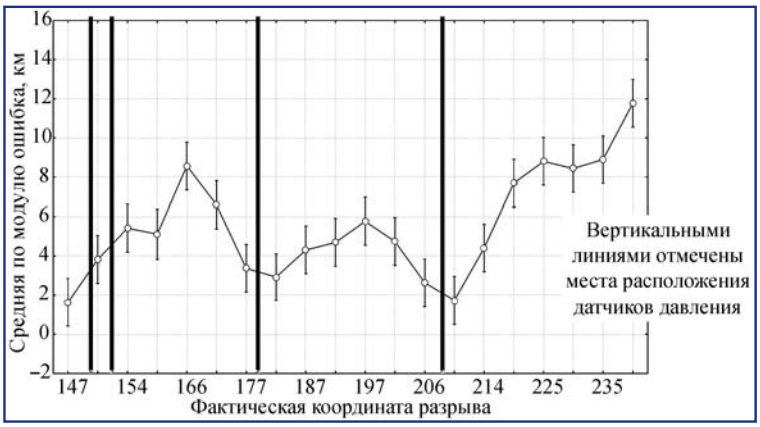


Рис. 2. *Зависимость средней ошибки метода от координаты разрыва*
вертикальными линиями отмечены места расположения датчиков давления. Фактическая координата разрыва, км

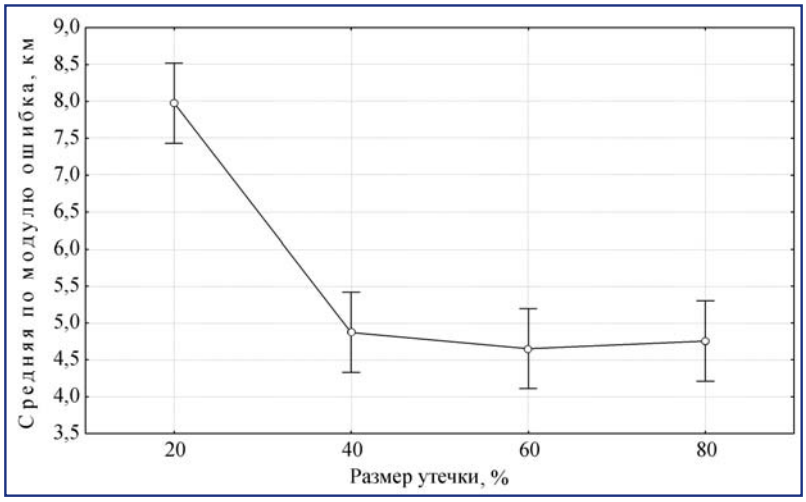


Рис. 3. *Зависимость средней ошибки метода от размера утечки*

фективную работу метода при малых размерах утечки (рис. 3).

Выявленные закономерности невозможно использовать для предсказания ошибки градиентного метода, поскольку при разрыве ни его место, ни размер не известны. Тем не менее, данные зависимости позволили отобрать ряд дополнительных факторов, зависящих от конфигурации рассматриваемого участка газопровода.

В результате корреляционного анализа выделены следующие значимые факторы:

– расстояние S_D от средней найденной координаты разрыва $\overline{Y}$ до ближайшего к ней датчика давления в км;

– разброс R характеризует разброс результатов, рассчитываемых градиентным методом для фиксированных значений I, P, K в разные моменты времени. R вычисляется как разность между максимальным и минимальным значениями величины отклика Y_i по всем n итерациям работы прототипа:

$$R = \max_{i=\overline{1,\,n}} Y_i - \min_{i=\overline{1,\,n}} Y_i \;;$$

– расстояние S между D_{km} и $\overline{Y}$ в км, где D_{km} – средняя координата датчиков, показывающих максимальное отклонение от нормы по всем итерациям работы СППР;

– дисперсия σ характеризует величину рассеяния, рассчитываемого в разные моменты времени километра утечки относительно среднего значения $\overline{Y}$.

Анализ экспериментальных данных выявил четко выраженную убывающую трендовую составляющую величины $\xi_{\text{ср}}^{Y}$. Предложена гипотеза о связи данного тренда с падением давления в трубе при увеличении расстояния (в км) от нагнетающего в трубу газа компрессорного цеха (КЦ): $tr = -0{,}0001Y'^2 - 0{,}1622Y'$, где Y' – расстояние от головного КЦ до точки, в которой измеряется падение давления. Функция tr получена с помощью аппроксимации показаний датчиков давления. Корреляционный анализ показал достаточно высокую степень параметра tr с фактором $\xi_{\text{ср}}$ (коэффициент корреляции порядка 0,3).

Построен целый ряд линейных и нелинейных моделей регрессии, математически описывающих ошибку нахождения координаты утечки градиентным методом. В ходе дискриминации и селекции моделей выявлено, что наиболее точно параметр $\xi_{\text{ср}}$ описывается математической моделью поверхности отклика, включающей главные эффекты факторов x_1, ..., x_k, их взаимодействия $(x_1 x_2,\ x_1 x_3,\ \ldots,\ x_{k-1} x_k)$ и их квадратичные компоненты $(x_1^2, \ldots, x_k^2)$, удовлетворяющей общему уравнению:

$$\begin{aligned} y = {} & b_0 + b_1 x_1 + \ldots + b_k x_k + \\ & + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + \ldots + b_{k-1,\,k} x_{k-1} x_k + \\ & + b_{11} x_1^2 + \ldots + b_{kk} x_k^2 . \end{aligned} \qquad (1)$$

Дисперсионный анализ позволил выявить, что набор коэффициентов b_{ij} модели (1) зависит от конфигурации нитки МГ, для которой разрабатывается математическая модель коррекции градиентного метода, рассчитывающего место утечки. Действительно, градиентный метод основывается на постоянном измерении скорости падения давления на датчиках давления близ места утечки, а если поврежденная нитка связана открытыми перемычками с другими нитками, происходит перераспределение газа, что снижает скорость падения давления. На изолированной трубе давление будет падать быстрее, чем на нитке, связанной с другими трубами. Способ статистической коррекции градиентного метода для нитки определенной конфи-

Таблица 2

Описание полученных регрессионных моделей

Конфигурация	R	R^2	$S^2_{ост}$	$S^2_{модели}$	$S_{\hat{y}_i}$
A	0,87	0,76	1270,53	4071,88	3,10
B	0,89	0,79	657,75	2492,76	3,56
C	0,94	0,89	257,24	2098,18	2,22

гурации заключается в следующей последовательности шагов:

1) провести ряд экспериментов;

2) построить модель регрессии вида (1) по полученной на шаге 1 статистике с помощью любого статистического пакета;

3) отбросить все статистически не значимые факторы.

Разработаны конкретные регрессионные модели вида (1) для трех видов конфигурации нитки МГ: для нитки, связанной на обоих концах рассматриваемого участка с другими нитками МГ открытыми кранами-перемычками (конфигурация A); нитки, связанной с другими одним краном-перемычкой (конфигурация B); а также для изолированной от остальных нитки (конфигурация C). В табл. 2 приведены характеристики полученных моделей, показывающие их высокую статистическую значимость.

Здесь R – коэффициент множественной корреляции модели; R^2 – коэффициент детерминации, показывающий долю вариации результативного признака под воздействием изучаемых факторных признаков; $S^2_{ост}$ – значение остаточной дисперсии; $S^2_{модели}$ – значение объясненной моделью дисперсии результативного признака; $S_{\hat{y}_i}$ – стандартная ошибка (остаточная дисперсия относительно линии регрессии).

Нетрудно заметить, что данные для изолированной нитки (конфигурация C) описываются математической моделью гораздо лучше, чем данные по открытым ниткам. Оценка адекватности моделей проводилась с помощью анализа остатков, которые должны быть нормально распределены, со средним значением, равным нулю, и постоянной дисперсией. Ниже приведен анализ остатков модели для конфигурации A, графики для остальных моделей аналогичны. Значения остатков ложатся очень близко к прямой линии нормального распределения (рис. 4), что свидетельствует об их нормальном распределении.

По результатам дополнительного эксперимента, применение предложенных регрессионных моделей позволило увеличить точность обнаружения места утечки градиентным методом в среднем на 28 % (табл. 2), значительно снизилась дисперсия ошибки, что также иллюстрируется рис. 6. Линия регрессии достаточно хорошо соответствует опытным данным (рис. 5), что свидетельствует о хорошем качестве модели.

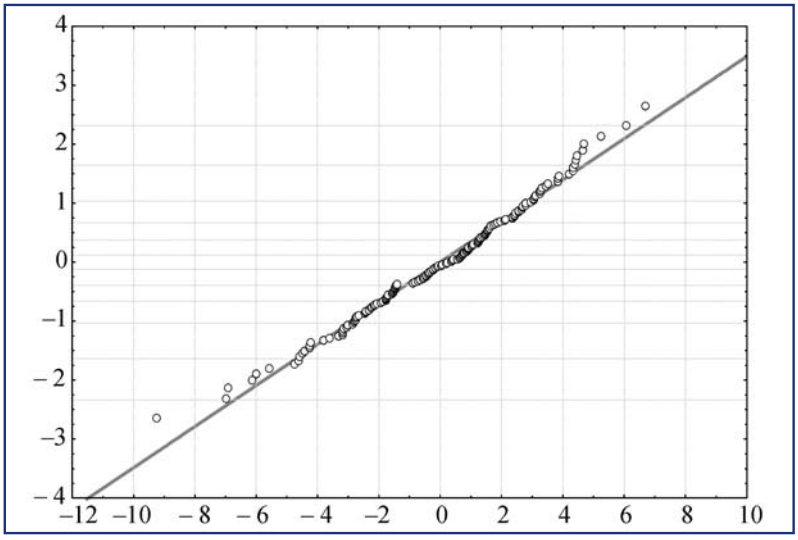


Рис. 4. *График нормальной вероятности остатков модели*

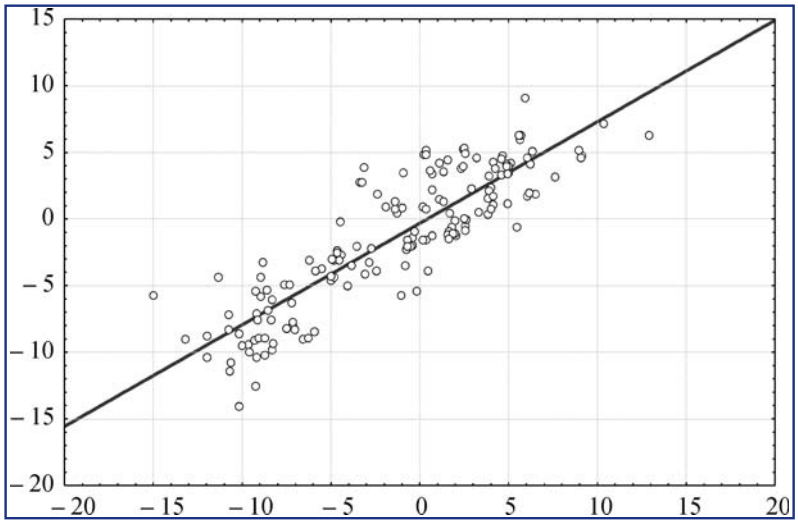


Рис. 5. *График соответствия эмпирического и фактического значений ошибки нахождения координаты утечки*

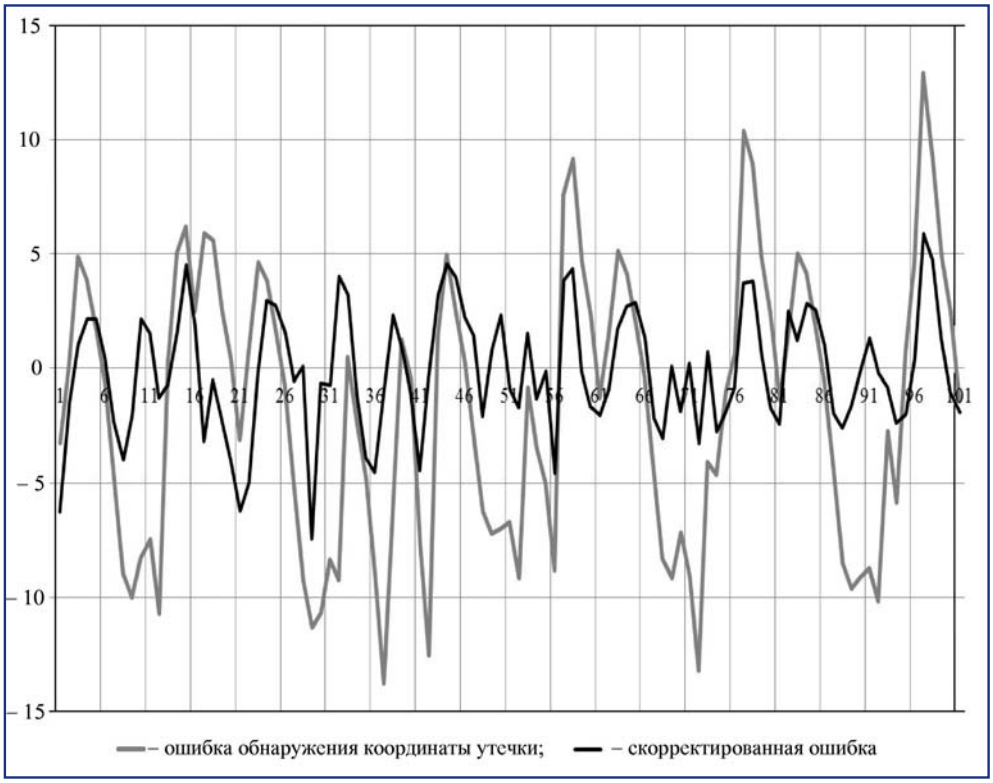


Рис. 6. *Ошибка обнаружения координаты утечки до и после коррекции*

Таблица 3

Результаты применения регрессионных моделей для коррекции градиентного метода

Конфигурация	Вид ошибки	Максимальное значение	Минимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
A	метода	7,43	–14,58	4,67	34,30
	модели	8,85	–7,66	3,05	14,46
B	метода	7,01	–9,51	3,72	21,92
	модели	7,06	–4,63	4,02	11,19
C	метода	6,01	–15,25	4,37	37,25
	модели	7,16	–2,82	2,69	10,77

Выводы

Таким образом, в настоящей статье предложен способ формирования статистических моделей, корректирующих результат работы градиентного метода в зависимости от структуры МГ. Предложены три статистических модели, повышающие точность данного метода в среднем на 28 %, характеризующиеся полиномиальной вычислительной сложностью. Следует отметить, что предлагаемый способ позволяет сводить ошибку градиентного метода обнаружения разрыва к статистически оцениваемой ошибке конкретной модели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Александров Д.В., Гусев М.А.** Подход к реализации системы поддержки принятия решений диспетчером газотранспортной системы во внештатных ситуациях // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2008. № 5. С. 66–75.

2. **Проскурина Г.В., Гусев М.А.** Графическое представление информации о состоянии газотранспортной системы при решении диспетчером задачи анализа режима работы многониточного трубопровода // Вестник Костромского гос. ун-та. Сер.: Технические и естественные науки "Системный анализ. Теория и практика". 2009. № 2. С. 74–76.

3. **Проскурина Г.В.** Совершенствование математического обеспечения модуля обнаружения нештатной ситуации на магистральном газопроводе // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2012. № 1. С. 11–18.

4. **Бухвалов И.Р., Александров Д.В.** Информационная поддержка диспетчера при управлении магистральным газопроводом // Системы управления и информационные технологии. 2007. № 4.1 (30). С. 128–133.

5. **Бухвалов И.Р., Александров Д.В.** Информационная поддержка управления газотранспортной системой // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2007. № 12. С. 82–87.

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА НА ФОРМИРОВАНИЕ CU–ZN–AL КОМПОЗИЦИИ, ДЛЯ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ МЕТАНОЛА В ВОДОМЕТАНОЛЬНЫХ СМЕСЯХ

В.Г. Щанкина, Л.К. Серегина, В.И. Шаркина, ООО "НИАП-Катализатор", г. Новомосковск,
В.В. Меньшиков, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, г. Москва

Статья посвящена влиянию соединений хрома на формирование Zn–Cu–Al композиции, используемой в процессе разложения метанола в водометанольной фракции.

Показано, что добавление хрома способствует увеличению стабильности и прочности данного катализатора.

Ключевые слова: катализатор, цинкмедные соединения, очистка от метанола.

THE IMPACT OF CHROMIUM COMPOUNDS ON THE FORMATION OF ZN–CU–AL COMPOSITION IN THE PROCESS OF METHANOL IN WATER-METHANOL FRACTION DECOMPOSITION

V.G. Shchankina, L.K. Seregina, V.I. Sharkina, LLC "NIAP-Catalyst",
V.V. Menshikov, Of Chemical Technology, MUCTR

The article assesses the impact of chromium compounds on the formation of Zn–Cu–Al composition, used in the process of decomposition of methanol in water-methanol fraction.

It was shown that the addition of chromium increases the stability and strength of the catalyst.

Keywords: catalyst, zinccopper compounds, removal of methanol.

Введение

При получении синтетических топлив из синтез-газа помимо целевого продукта образуется реакционная вода, загрязненная метанолом и ее очистка представляет сложную технико-экономическую проблему. В большинстве применяемых методов тонкой очистки (сжигание, биоочистка и т.д.) требуются большие расходы, в отличие от каталитического способа, с относительно невысокими капитальными и эксплуатационными затратами. Но такой катализатор, наряду с требованиями, отмеченными в книге О.В. Крылова "Гетерогенный катализ", [1] не должен терять активность, селективность и механическую прочность под влиянием реакционной среды. Получение катализатора очистки от метанола, устойчивого при значительном содержании пара, является актуальной задачей.

Для повышения прочности контактов используются различные способы, одним из которых является введение в активную составляющую упрочняющих добавок, например, соединений хрома. Кроме того, катализаторы, содержащие в качестве активного компонента соединения хрома, находят широкое применение в процессах органического синтеза [2, 3].

Исходным сырьем для синтеза хромсодержащих контактов может быть хромовый ангидрид, водный раствор которого (хромовая кислота) обладает высокой реакционной способностью с образованием соединений, после прокаливания которых, анионный остаток CrO_3^{6+} переходит в CrO^{3+} с удалением атомарного кислорода в атмосферу и с образованием (хромат-хромитных) соединений более прочных, чем индивидуальные оксиды. Ранее выполнялись работы по изучению хромсодержащих соединений, но химический состав, исходное сырье и способ приготовления отличались [4].

Цель настоящей работы – изучение влияния соединений хрома на фазовый состав Cu–Zn–Al композиции, а также на активность и прочность в реакции разложения метанола в водометанольной фракции.

Методика эксперимента

Исходный образец, приготовленный по аммиачно-карбонатной технологии и содержащий оксиды меди (33,8 % масс.), цинка (51,4 % масс.) и алюминия (9,1 % масс.), смешивали с различным содержанием

хромовой кислоты. Так были получены образцы, в составе которых 1,8; 5,7 и 11,7 % масс. Cr_2O_3 (в пересчете на вещество, прокаленное при 900 °С). Образцы прокаливали при 320, 420 и 620 °С, в изотермических условиях с выдержкой при каждой температуре в течение четырех часов. Прокаленные при 420 °С образцы смешивали с графитом (3 % масс.) и таблетировали при одном усилии прессования с последующим определением прочности по образующей до и после испытаний при разложении метанола в водометанольной фракции.

Химический и фазовый состав шпинельных соединений хрома определяли путем растворения аммиачно-карбонатным раствором растворимых соединений меди, цинка, хрома в прокаленных образцах.

Дифференциально-термический анализ (ДТА) осуществляли на дериватографе "Paulik F., Paulik I., Erdey L." в режиме программированного нагрева от 20 до 600 °С со скоростью 5 °/мин, навеска 400 мг.

Фазовый состав определяли с использованием дифрактометра ДРОН-3 с CuK_α-излучением и графитовым монохроматором на отраженном пучке. Идентификация фаз проводилась с использованием базы данных JCPDS PDF. Средний размер кристаллитов (областей когерентного рассеивания) оценивали по уравнению Селякова–Шеррера.

Об активности судили по степени разложения метанола в водометанольной смеси, содержащей ~5 % масс. метанола и 95 % масс. воды на установке проточного типа при атмосферном давлении, описанной в [5]. Испытания проводили в целой таблетке при объемной скорости 1250 $ч^{-1}$ по пару, при температуре 275 °С.

Анализ конденсата до и после испытания осуществляли на хроматографе "ЛХМ-2000 М" с пламенно-ионизационным детектором на капиллярной колонке длиной 45 м, фазой Se-54 с использованием компьютерной программы "Z–lab". Условия анализа: газ-носитель – гелий; температура колонки – 70 °С; температура испарителя – 200 °С.

Механическую прочность (в МПа) определяли при раздавливании таблеток с приложением усилий "по образующей" до и после испытания с использованием прочномера катализаторов ПК-21 (ОАО "Линтел").

Результаты эксперимента и их обсуждение

Исходный, не прокаленный Zn–Cu–Al образец, по данным РФА, состоит из фаз гидроксокарбоната цинка (ГКЦ) и незначительного содержания гидроксокарбоната меди (ГКМ). Фазовый состав полученного образца обусловлен способом его приготовления: при одновременном разложении аммиачно-карбонатных комплектов меди и цинка в присутствии активного оксида алюминия при определенных условиях синтеза значительное количество меди может внедряться в структуру ГКЦ с образованием сложной двойной соли, часть ГКМ остается отдельной фазой. Оксид алюминия рентгенофазовым анализом не выявляется.

При смешении полученного образца с хромовой кислотой в количестве 1,8 % масс. (в пересчете на Cr_2O_3) изменений фазового состава не наблюдается, на рентгенограмме заметно лишь снижение интенсивности ГКЦ и ГКМ, которое отмечается и у образцов, содержащих 5,7 и 11,7 % масс. Замечаемое снижение интенсивностей ГКЦ (в структуре которого содержится значительное содержание меди) и остаточного ГКМ обусловлено их одновременным взаимодействием с хромовой кислотой, с образованием сложных хромсодержащих соединений меди и цинка, проанализировать появление их дифракционных линий на дифрактограмме довольно сложно. Если выделить только основные линии (например, с $d = 7{,}3;\ 2{,}75$ и $2{,}57$ Å), то можно предположить образование соединений, подобных гидроксохромату цинка – 4 ZnO $ZnCrO_4$ $4H_2O$, а дифракционная линия с $d = 4{,}85$ Å – гидроксохромату меди $CuCrO_4$ 2CuO $2H_2O$.

Последующая стадия после сушки в технологии катализаторов – стадия термического разложения, от условий проведения которой во многом зависят свойства целевого продукта. На рис. 1 приведены данные, полученные ДТА.

Из данных, полученных дифференциально-термическим анализом, можно отметить следующее. В образце с содержанием 1,8 % масс. Cr_2O_3 термограмма (рис. 1, *а*) аналогична исходной Zn–Cu–Al системе и сопровождается эндоэффектом с максимумом при 330 °С, что обусловлено разложением слож-

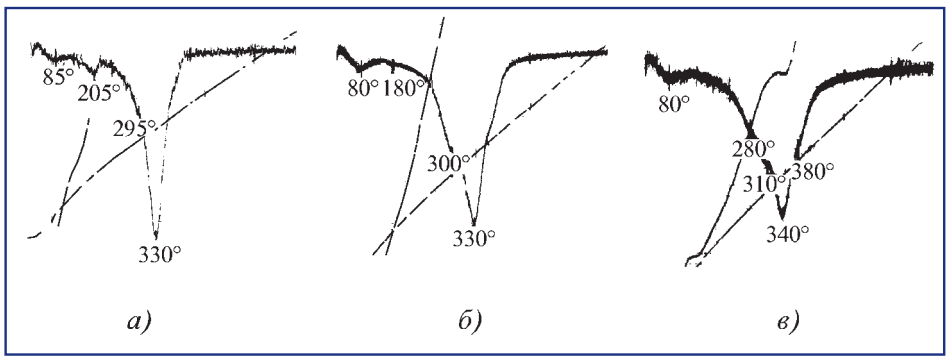


Рис. 1. *Термограммы ДТА образцов, содержащих 1,8 (а), 5,7 (б) и 11,7 % масс. (в) Cr_2O_3.*
Условные обозначения:
● – ZnO; ▲ – CuO;
○– ZnO ($Zn_{1-x}Cu_x$ Cr_2O_4)

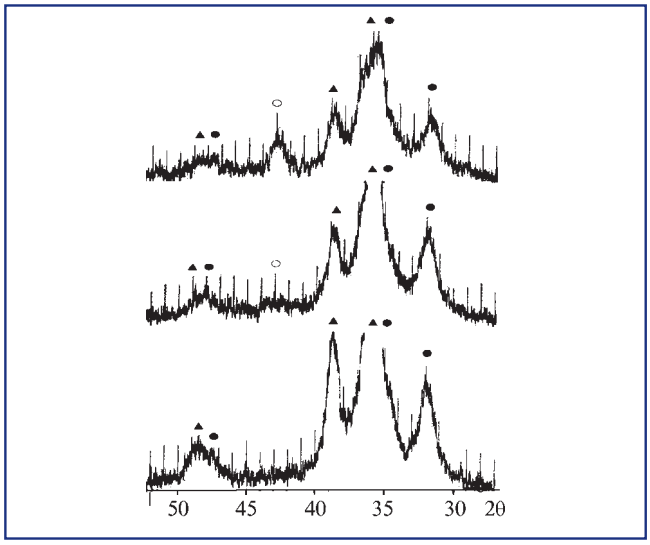


Рис. 2. *Фрагмент рентгенограмм образцов, прокаленных при 420 °С, содержащих 1,8 % масс. (а), 5,7 % масс. (б),11,7 % масс. Cr_2O_3.*
Условные обозначения: ● – ZnO; ▲ – CuO; ◇– $ZnO{\cdot}ZnCr_2O_4$

ной двойной соли ГКЦ с внедренной медью. С увеличением содержания оксида хрома до 5,7 % масс. термограмма несколько отличается от термограммы выше представленного образца (рис. 1, *б*): появляется эндоэффект с максимумом при 300°С, что свидетельствует об удалении связанной воды в сложных гидроксохроматах цинка и меди с образованием соответствующих хроматов. В образце с содержанием 11,7 % масс. Cr_2O_3 (рис. 1, *в*) заметны эндоэффекты с максимумами 280 и 310 °С, т.е. можно отметить постепенное разложение сложных хромсодержащих соединений до хроматов, а эндоэффект с максимумом при 380 °С обусловлен разложением хроматов до хромитов цинка и меди.

Результаты, полученные с использованием ДТА, свидетельствуют о том, что при прокаливании образцов с различным содержанием хрома, в неизотермическом режиме происходит разложение двойной соли до оксидов цинка и меди и хромсодержащих соединений гидроксохроматов до хроматов и далее до хромитов меди и цинка.

Анализ образцов методом ДТА дает общую картину термолиза в неизотермическом режиме. На практике, чаще всего, прокаливание проводится при постоянной температуре. Поэтому, образцы с различным содержанием хрома прокаливали при постоянной температуре (320, 420, 620 °С) с выдержкой при каждой температуре в течение четырех часов.

При прокаливании при 320 °С в образцах, независимо от содержания хрома, по данным РФА присутствуют исходные соединения (ГКЦ, ГКМ, сложные хроматы меди и цинка) и незначительные отражения дифракционных линий, относящихся к продуктам термолиза (ZnO и CuO). Поэтому более детально изучались образцы, прокаленные при 420 и 620 °С. На рис. 2 представлены фрагменты рентгенограмм образцов, прокаленных при 420 °С, с различным содержанием хрома.

Видно, что в образце с содержанием 1,8 % оксида хрома (рис. 1, *а*), присутствуют оксиды цинка и меди, их интенсивность снижается по мере увеличения содержания хроматов. В образце, содержащем 5,7 % масс. Cr_2O_3, в области 42...44 угла (рис. 1, *б*) наблюдается появление слабого дифракционного отражения, тогда как в образце с содержанием оксида хрома 11, 7 % масс. более четко проявляется эта линия в области 44° с $d = 2{,}09$ Å (рис. 1, *в*). Проявление линии с $d = 2{,}09$ Å в образцах, прокаленных при 420 °С, свидетельствует об образовании шпинелеподобного соединения меди, цинка и хрома, вида $ZnO(Zn_{1-x}Cu_x\ Cr_2O_4)$. Для более детального анализа образовавшихся соединений из образцов, прокаленных при 420 и 620 °С, с содержанием оксида хрома 5,7 % масс. удаляли растворимые в аммиачно-карбонатном растворе соединения меди, цинка и хрома. Данные, полученные при этом, приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что в образце, прокаленном при 420 °С, соединения меди, цинка, хрома присутствуют как в растворе, так и в осадке. Оксид алюминия в аммиачно-карбонатном растворе практически не растворяется. Наличие Cr^{6+} в растворе свидетельствует о присутствии сложных хроматов меди, цинка, не выявленных на рентгенограмме данного образца.

Соединение, присутствующее в осадке, больше относится, как уже отмечалось, к шпинелеподобному, которое на рентгенограмме выявлено в виде размытого дифракционного отражения (рис. 3, *а*). Это дифракционное отражение с межплоскостным расстоянием $d = 2{,}09$ Å соответствует цинкхромовой шпинели ($ZnCr_2O_4$), но присутствие в осадке соединений меди и цинка выше, чем по стехиометрии свидетельствует о возможном образовании твердого раствора оксида цинка в цинкхромовой шпинели вида $ZnO{\cdot}ZnCr_2O_4$.

Таблица 1

Химический состав растворенной части и остатка образцов

Химический состав, % масс.	Температура прокаливания 420 °С		Температура прокаливания 620 С	
	Маточник, г	Осадок, г	Маточник, г	Осадок, г
CuO	15,5	1,4	16,9	отс.
ZnO	18,8	6,9	14,4	11,1
Al_2O_3	отс.	4,5	Отс.	4,5
Cr_2O_3	1,8 или 3,16 CrO_3	1,1	Отс.	2,9
Вес, г	36,1 (72,2 %)	13,9 (27,8 %)	31,3	18,7

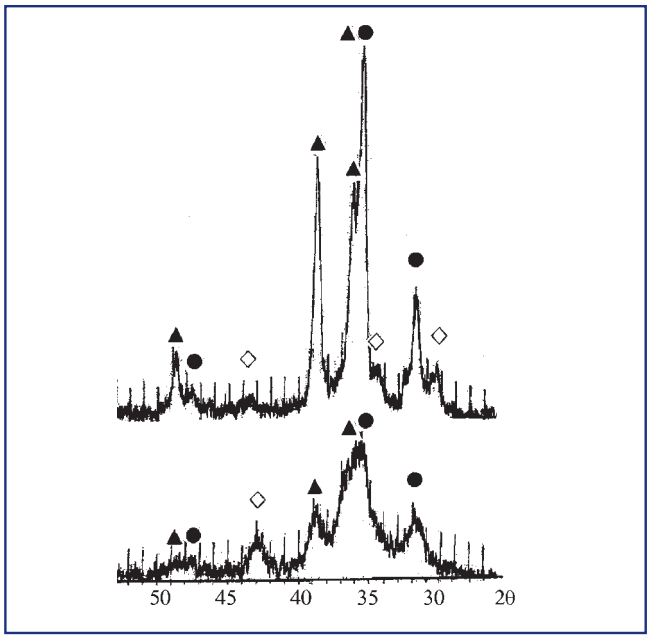


Рис. 3. *Фрагмент рентгенограмм образца с содержанием 5,7 % масс. Cr_2O_3, прокаленного при 420 °С (а) и при 620 °С (б)*

Таблица 2

Значения цинкхромовой шпинели

№ п/п	Данные JCPDS (№ карточки 73–1962)		Полученные данные	
	d, Å	*J*, %	*d*, Å	*J*, %
1	2,92	36	2,89	42
2	2,49	100	2,46	100
3	2,07	13	2,05	15
4	1,69	10	1,67	15
5	1,59	24	1,57	30
6	1,46	31	1,44	49

В осадке образца, прокаленного при 620 °С, оксид меди отсутствует, что свидетельствует о разрушении шпинелеподобного соединения при данной температуре. Дифракционные отражения более четко обозначены на рентгенограмме образца, прокаленного при 620 °С (рис. 3, *б*), и приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что несколько изменена интенсивность линий, а значения межплоскостных расстояний у осадка ниже, чем по данным JCPDS. Изменение межплоскостных расстояний и интенсивности свидетельствует о наличии примеси в структуре цинкхромовой шпинели. Действительно, из таблицы видно, что в осадке присутствует избыточное (против стехиометрии – $ZnCr_2O_4$) содержание оксида цинка и обусловлено наличием в образце, прокаленном при 620 °С, твердого раствора ZnO в цинкхромовой шпинели. Присутствие такого соединения в образце, прокаленном при высокой температуре, отмечалось в работе [6]. Не исключено образование и цинкалюминиевой шпинели.

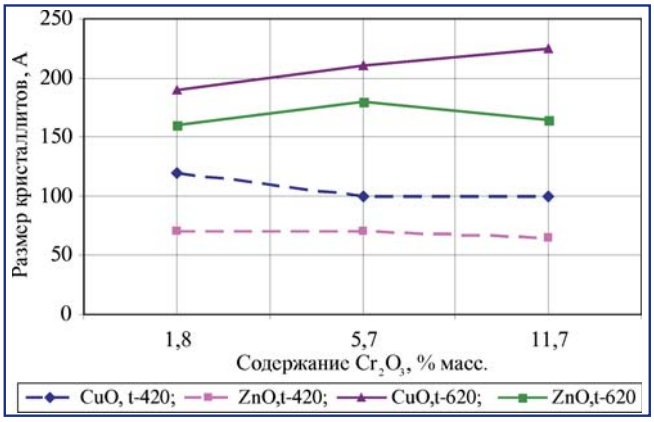


Рис. 4. *Зависимость размера кристаллитов оксидов цинка и меди от содержания хрома*

Анализируя фазовый состав образцов, прокаленных при 420 и 620 °С, можно отметить, что помимо сложных хромсодержащих соединений также содержатся оксиды цинка и меди. Зависимость размера кристаллитов CuO и ZnO от содержания Cr_2O_3 представлена на рис. 4.

В образцах, прокаленных при 420 °С, дисперсность оксидов меди и цинка практически не меняется независимо от содержания хрома и снижается при прокаливании при 620 °С. Размер кристаллитов CuO при этой температуре увеличивается в большей степени, чем у ZnO, содержание которого в исходном образце значительно выше (51,4 % масс.). У исходного образца, не содержащего соединений хрома, дисперсность оксида меди при температуре прокаливания 620 °С – 220 Å, оксида цинка – 180 Å.

На основании данных по дисперсности можно отметить, что в образцах, прокаленных при 420 °С, соединения хрома приводят к высокой дисперсности оксидов меди и цинка, которая сохраняется с повышением температуры.

Влияние фазового состава на активность и прочность показано на рис. 5 и 6. Из рис. 5, на котором представлена зависимость степени разложения метанола образцов, содержащих различное количество оксида хрома от времени испытаний, видно, что степень превращения CH_3OH после 6 ч испытаний при 275 °С имеет близкие высокие значения для образцов, содержащих 1,8 и 5,7 % масс. Повышение содержания Cr_2O_3 приводит к снижению активности.

Используя технологический прием – удаление растворимых соединений, можно более детально определить фазовый состав образцов, прокаленных при различной температуре и его влияние на активность. Так, высокая степень разложения метанола у образца, содержащего 5,7 % масс. оксида хрома, после прокаливания при 420 °С обусловлена наличием активного компонента (CuO) в различных соединениях –

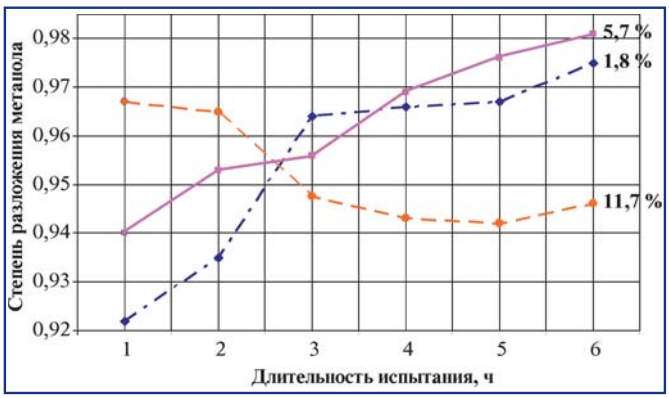


Рис. 5. Зависимость степени разложения метанола (α) от времени испытания образцов с различным содержанием Cr_2O_3

это высокодисперсный оксид меди (120 Å), медь в рентгеноаморфных хроматах меди и цинка и медь в хромите цинка. В этом случае активный компонент (Cu°) будет восстанавливаться вначале из оксида меди, затем из хромата и хромита, что позволит увеличить стабильность образца.

На рис. 6 приведены данные по прочности образцов, прокаленных при 420 °С, до и после испытаний при 275 °С, в сравнении с образцом, не содержащим хрома.

Видно, что до испытаний прочность выше у образцов, содержащих 1,8 и 5,7 % масс. оксида хрома, ниже она у образца с содержанием 11,7 % масс. Cr_2O_3. После испытаний прочность снижается у всех анализируемых образцов; но на меньшую (16 %) величину она снижается у образца с содержанием оксида хрома 5,7 % масс.

Объяснить снижение прочности образцов после испытаний в данной работе не представляется возможным, поскольку этот показатель зависит от многих факторов: способа приготовления, химического

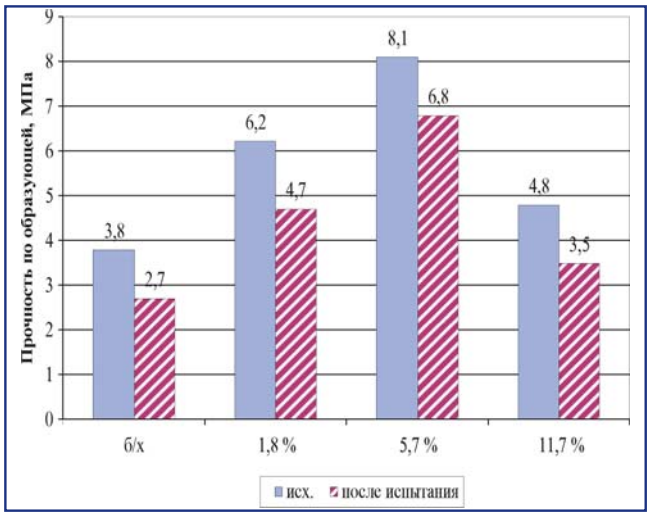


Рис. 6. Прочность образцов с различным содержанием хрома в сопоставлении с образцом, не содержащим Cr_2O_3 (б/х), до и после реакции

состава, условий таблетирования и, наконец, от условий восстановления и параметров процесса. Одной из причин снижения прочности в полученных образцах может быть изменение фазового состава под воздействием реакционной среды (водяного пара и метанола). В первые часы испытаний продукт разложения метанола (водород) восстанавливает соединения меди до Cu°, что и приводит к снижению прочности. Не исключено и негативное влияние водяного пара на прочность. Заметное снижение прочности у образца, содержащего 11,7 % масс. Cr_2O_3 и прокаленного при 420 °С, также можно объяснить восстановлением шестивалентного соединения хрома, которого в этом образце значительно больше.

Увеличение прочности у исходного образца, содержащего 5,7 % масс. хрома, и снижение ее на меньшую величину после испытаний, по мнению авторов данной статьи, объясняется сочетанием определенного содержания хромсодержащих соединений с различной валентностью (Cr^{3+} и Cr^{6+}) и наличием высокодисперсных оксидов меди, цинка и алюминия.

Таким образом, из данных, представленных в работе, можно сделать выводы.

1. Каталитическая активность образца в процессе очистки от метанола определяется различным состоянием активного компонента (оксида меди).

2. Научно обоснована оптимальная температура прокаливания, обеспечивающая высокие показатели по прочности, обусловленной содержанием соединений хрома с различной валентностью.

3. Для получения высокоактивного и достаточно прочного катализатора очистки воды от метанола содержание оксида хрома должно быть в пределах 2,7...5,7 % масс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Крылов О.В.** Гетерогенный катализ. М.: ИКЦ "Академкнига", 2004. 679 с.

2. **Каталитические** свойства веществ / под ред. В.А. Ройтера. 1968. 1446 с.

3. **Егорова С.Р., Бекмухамедов Г.Э., Ламберов А.А.** Влияние высокотемпературной обработки на свойства алюмохромового катализатора дегидрирования низших парафинов // Кинетика и катализ. Т. 54. 2013. № 1. С. 51–60.

4. **Семенова Т.А., Людковская Б.Г., Маркина М.И., Волынкина А.Я., Черкасов Г.П., Шаркина В.И., Хитрова Н.Ф., Шпиро Г.П.** Исследование фазовых превращений и свойств низкотемпературного катализатора конверсии оксида углерода во время его восстановления и работы // Кинетика и катализ. 1977. № 4. С. 1014–1020.

5. **Шаркина В.И., Серегина Л.К., Щанкина В.Г., Фалькевич Г.С., Ростанин Н.Н.** Очистка водометанольной фракции от метанола на промышленном катализаторе НТК-4 // Катализ в промышленности. 2012. № 1. С. 61–64.

6. **Чернобривец В.Л., Русов М.Т.** О роли хромита цинка в цинк-хромовых катализаторах синтеза метанола // Катализ и катализаторы. 1974. Вып. 12. С. 60–65.

УДК621.513.32+621.595.952.76+621.592.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ АГНКС С ИНТЕГРИРОВАНИЕМ В ЕЕ СОСТАВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СПГ

Г.С. Горячев, В.П. Кульбякин, С.Ю. Лебедев, ЗАО Научно-производственная компания "НТЛ",
Н.А. Попов, А.В. Желтобрюхов, управление "Уралавтогаз" – филиал ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург",
А.Н. Суслов, "Кавказавтогаз" – филиал ООО "Газпром трансгаз Ставрополь"

Большинство автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в России было сооружено в последней четверти прошлого века. Сейчас оборудование нуждается в основательной модернизации инфраструктуры компрессорных установок. Сообщается о разработке новых эффективных теплообменников для межступенчатого охлаждения компримируемого природного газа. Сообщается также о совершенствовании системы охлаждения тосола. Итоги модернизации – снижение энергопотребления АГНКС на 10...15 % на м^3 природного газа высокого давления и повышение надежности компрессорных установок. Для расширения сферы применения АГНКС разработано и интегрировано в ее состав оборудование для производства сжиженного природного газа (СПГ). Созданный СПГ-комплекс введн в опытно-промышленную эксплуатацию с загрузкой до 20 ч в сутки. Производительность комплекса – 580...620 кг/ч СПГ, удельные затраты 0,95...0,97 кВт·ч/кг СПГ.

Ключевые слова: природный газ, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС), компримированный природный газ (КПС), компрессорная установка, теплообменник, система охлаждения, сжиженный природный газ (СПГ), СПГ-комплекс.

AGFCS MODERNIZATION WITH THE INTEGRATION INTO ITS STRUCTURE EQUIPMENT FOR LNG PRODUCTION

G.S. Goryachev, V.P. Kulbyakin, S.Yu. Lebedev,
N.A. Popov, A.V. Jeltobryuhov, A.N. Suslov

Most of the automobile gas-filling compressor stations (AGFCS) in Russia were built in the last quarter century. Now the equipment needs to be solid infrastructure modernization compressors installations. It is reported on the development of new efficient heat exchangers for interstage cooling of natural gas compression. The results of modernization were the reduction in energy consumption on 10...15 % AGFCS per cubic meter of high pressure natural gas and improving reliability of compressor units. For expanding the scope of the AGFCS developed and integrated into its structure equipment for production liquefied natural gas (LNG). The created LNG complex was put into pilot industrial operation with a loading up to 20 hours a day. The complex capacity is 580...620 kg/h of LNG specific costs 0,95...0,97 kW·h/kg LNG.

Keywords: natural gas, automobile gas-filling compressor stations (AGFCS), compressed natural gas (CNG), compressor system, heat exchanger, cooling system, liquefied natural gas (LNG), LNG complex.

Введение

Основная масса эксплуатируемых сейчас автомобильных АГНКС была построена еще во времена СССР и в большинстве своем оснащена компрессорными установками 2ГМ4-1,3/12-250 завода "Борец" или компрессорными установками 4HR3KN-200/210-5-249WLK производства ГДР. Исходя из принятой в то время государственной программы развития газобаллонного автотранспорта, практики проектирования и строительства тех лет, станции создавались с расчетом на большое количество заправок. Валовые же показатели в экономике тогда в основном характеризовались затратами и материалоемкостью.

Возникшая в 1990-е гг. новая действительность кардинальным образом повлияла на судьбу АГНКС. Программа развития газобаллонного автотранспорта, по крайней мере в России, была предана забвению, станции долгие годы оставались мало загруженными, нерентабельными с устаревающим

оборудованием, в реконструкцию которых собственник не особо стремился вкладывать средства.

Однако, в последние годы все активнее становится проблема темы возрождения газобаллонного автотранспорта. Появились частные перевозчики, которые в инициативном порядке переоборудуют автомобили, создаются предпосылки государственной поддержки развития. Соответственно собственникам АГНКС, – а это дочерние общества ОАО "Газпром", – становится выгодным вкладывать средства в переоборудование станций, а параллельно, для увеличения их загрузки и повышения рентабельности, искать новые пути использования данного оборудования.

Модернизация технологического оборудования АГНКС

Проблемы компрессорных установок (КУ), а также и оборудования АГНКС в целом известны. Отметим низкую эффективность системы межступенчатого охлаждения газа в компрессоре 2ГМ4-1,3/12-250 производства завода "Борец". В системе охлаждения используется ничем не обоснованный с технической точки зрения объем тосола в системе охлаждения. Проблема межступенчатого охлаждения снижает эффективность компрессора, а наличие большого объема тосола ведет к дополнительным затратам на его перекачку, возобновление, периодическую замену, а также содержание всей системы.

Именно совершенствованием системы охлаждения компрессоров АГНКС на первом этапе сотрудничества с управлением "Уралавтогаз" ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" занялась компания.

При ознакомлении с оборудованием выяснилось, например, что межступенчатый охладитель газа после первой ступени в КУ 2ГМ4-1,3/12-250, несмотря на свои значительные размеры, совершенно не охлаждал газ. При температуре газа до 140 °С на выходе из первой ступени, температура газа на выходе из охладителя составляла 110...115 °С. Практически также работали охладители и последующих ступеней.

На основании имеющегося опыта был спроектирован унифицированный теплообменник для межступенчатого охлаждения газа в КУ 2ГМ4-1,3/12-250. Он представляет собой малогабаритный теплообменник с витыми трубками из нержавеющей стали. Газ проходит внутри трубок, навитых на сердечник. С наружной стороны трубки омываются тосолом. Трубки располагаются в два ряда, по несколько штук в каждом. Площадь составляет 1 м^2. Теплообменник рассчитан на рабочее давление по газу до 25 МПа (рис. 1).

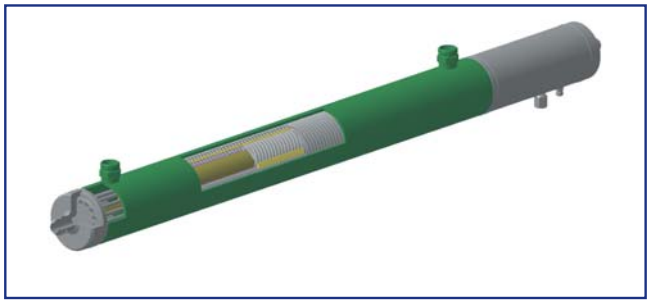


Рис. 1

На основе разработанного теплообменника была спроектирована новая система межступенчатого охлаждения газа, в состав которой, кроме теплообменников, были после каждой ступени введены депульсаторы и масловлагоотделители. Система располагается на собственной раме. В систему включены трубопроводы обвязки КУ по газу и тосолу (рис. 2).

Опытный образец системы был изготовлен и смонтирован на АГНКС-2 в г. Нижнем Тагиле, принадлежащей ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" (рис. 3). Были получены следующие результаты.

Производительность компрессорных установок в среднем увеличилась с 800 до 850 нм^3/ч. Температуры газа по всем ступеням на выходе из теплообменников превышали температуру тосола в контуре охлаждения не более чем на 7 °С, т.е. при температуре тосола в системе охлаждения 35 °С температура газа составляла 40...42 °С. Сам компрессор стал работать в более щадящем температурном режиме. Повышение производительности дало возможность достичь экономии электроэнергии в 3...5 % на м^3 получаемого компримированного газа.

Положительные результаты проведенных испытаний позволили провести массовую замену систем межступенчатого охлаждения газа. К на-

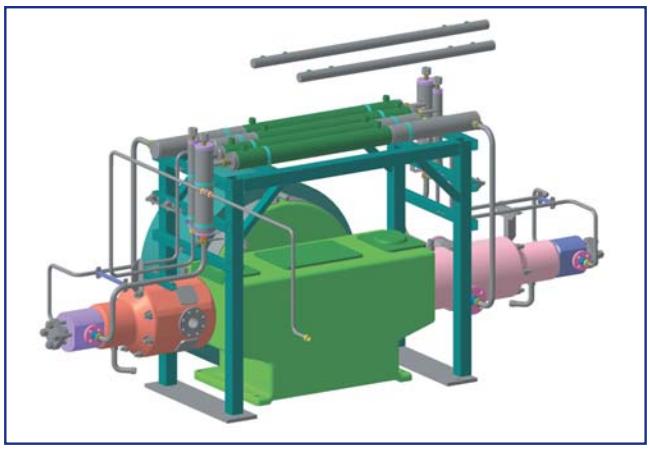


Рис. 2

Рис. 3

стоящему моменту произведена замена систем на 56 компрессорных установках в нескольких дочерних компаниях ОАО "Газпром".

Следующим шагом в реализации планов модернизации АГНКС стало совершенствование систем охлаждения тосола и формирование предложений по их замене. Применявшиеся системы проектировали из расчета максимальной загрузки станции в режиме постоянной работы 3–5 компрессоров. В настоящее время реальный режим загрузки основной части АГНКС таков, что работа одной из пяти КУ с редким подключением второй.

Охлаждение тосола на действующих АГНКС осуществляется через громоздкие охладители с вентилятором мощностью 30 кВт. И насосом циркуляции тосола с приводом от электродвигателя мощностью до 11 кВт. Общий объем тосола в системе составляет 3...7 м^3, несмотря на его высокую стоимость.

Нами была предложена иная концепция построения системы охлаждения тосола. Учитывая, что одновременно на АГНКС практически не работают более трех компрессоров, для минимизации затрат на проведение реконструкции было предложено сформировать в пределах станции две группы КУ с собственными системами охлаждения тосола.

В результате три компрессора одной группы объединялись в систему охлаждения с двумя модульными агрегатами воздушного охлаждения (МАВО). При этом предусматривалась возможность переключения любой КУ внутри группы на любой МАВО.

Два оставшихся компрессора объединялись в другую группу с системой охлаждения с одним МАВО.

Подобная схема была впервые реализована в филиале "Кавказавтогаз" ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" на АГНКС-2 в г. Ставрополе и АГНКС г. Нальчике (рис. 4).

В итоге объем тосола в системе охлаждения каждой группы составил 300...350 л. За счет применения индивидуальных на каждый МАВО насосов тосола и снижения как общей мощности вентиляторов, так и подключения их по группам, удалось добиться существенного снижения расхода электроэнергии на м^3 получаемого газа.

Общее снижение энергопотребления станции в результате внедрения модернизированных систем межступенчатого охлаждения газа и системы охлаждения тосола по предварительной оценке составляет 10...15 %. При такой экономии электроэнергии срок окупаемости проведенной модернизации при средней загрузке станции не превысит трех лет. К этому следует добавить снижение расходов на приобретение и периодическую замену тосола, а также повышение надежности работы АГНКС за счет полного дублирования систем обеспечения работоспособности ее КУ.

Наряду с АГНКС филиала "Кавказавтогаз", к настоящему времени проведена такая же доработ-

Рис. 4

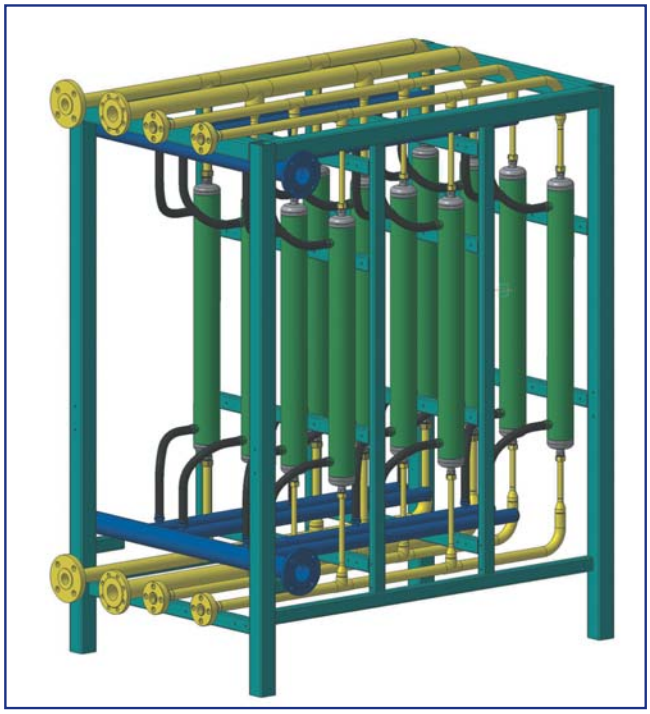


Рис. 5

ка системы охлаждения тосола на АГНКС-2 ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" (г. Нижний Тагил).

Аналогичная работа проводится и по модернизации системы межступенчатого охлаждения газа для АГНКС, снабженных компрессорными установками 4HR3KN-200/210-5-249WLK (рис. 5). Проектируемая система при равной эффективности имеет значительно меньшие материалоемкость, габариты и рассчитана на подключение к существующим трубопроводам для газа и тосола.

Комплекс производства, хранения и выдачи СПГ

Для расширения сферы применения оборудования и обеспечения дополнительной загрузки АГНКС компании "ПТЛ" программ НИОКР ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург" было предложено проработать вопрос спроектировать и изготовить комплекс малотоннажного производства сжиженного природного газа (СПГ), интегрированный в состав станции.

Основные параметры, указанные в техническом задании, установили производительность комплекса до 600 кг/ч, что отвечало и коэффициенту ожижения природного газа (ПГ) не менее 40 %. Исходя из заданных параметров была определена и схема сжижения природного газа, в основе которой установка дроссельного типа с дополнительным охлаждением газа фреоновой холодильной установкой. Кроме этого, комплекс должен был иметь в своем составе технологическую емкость-накопитель СПГ и колонку выдачи СПГ в транспортные цистерны.

Следуя современным тенденциям создания блочно-модульных конструкций [1] комплекс проектировался и изготавливался в виде блоков полной заводской готовности, чтобы на объекте оставалось только установить их на подготовленные фундаменты и связать между собой.

Комплекс включает в себя следующие структурные элементы:

установка сжижения состоящая из блока входа/выхода природного газа с блоком теплообменников;

блока струйных компрессоров;

блока сепарации; фреоновая холодильная установка;

блок приема/выдачи СПГ;

технологическая емкость накопитель СПГ;

колонка выдачи СПГ в транспортную цистерну;

вспомогательные системы обеспечения работы комплекса (система подогрева паров СПГ);

азотная установка;

безопасные дренажные устройства безопасности).

Три блока СПГ-установки конструктивно объединены в единый технологический блок и установлены на общем фундаменте. Технологическая схема установки приведена на рис. 6.

Компримированный до давления 25 МПа и прошедший осушку природный газ из технологических систем АГНКС поступает в блок входа/выхода установки сжижения. В блоке производится дополнительная очистка газа от механических примесей, а также примерение расхода природного газа на входе в установку (прямой поток) и выходе из не (обратный поток). Далее газ поступает в блок теплообменников. В нем газ последовательно охлаждается в трех теплообменниках: в первом и третьем – охлаждение проводится обратным потоком паров СПГ, во втором – жидким фреоном при температуре –65...–75 °С.

Охлажденный в блоке теплообменников до температуры –75...–80 °С природный газ поступает на дросселирование. В качестве устройства дросселирования газа с давления 25,0 МПа до давления обратного потока 1,2 МПа выбраны струйные компрессоры. Данное техническое решение позволяет кроме дросселирования прямого потока производить откачку паров СПГ из технологической емкости-накопителя и обеспечивать поддержание давления в ней не более 0,4 МПа.

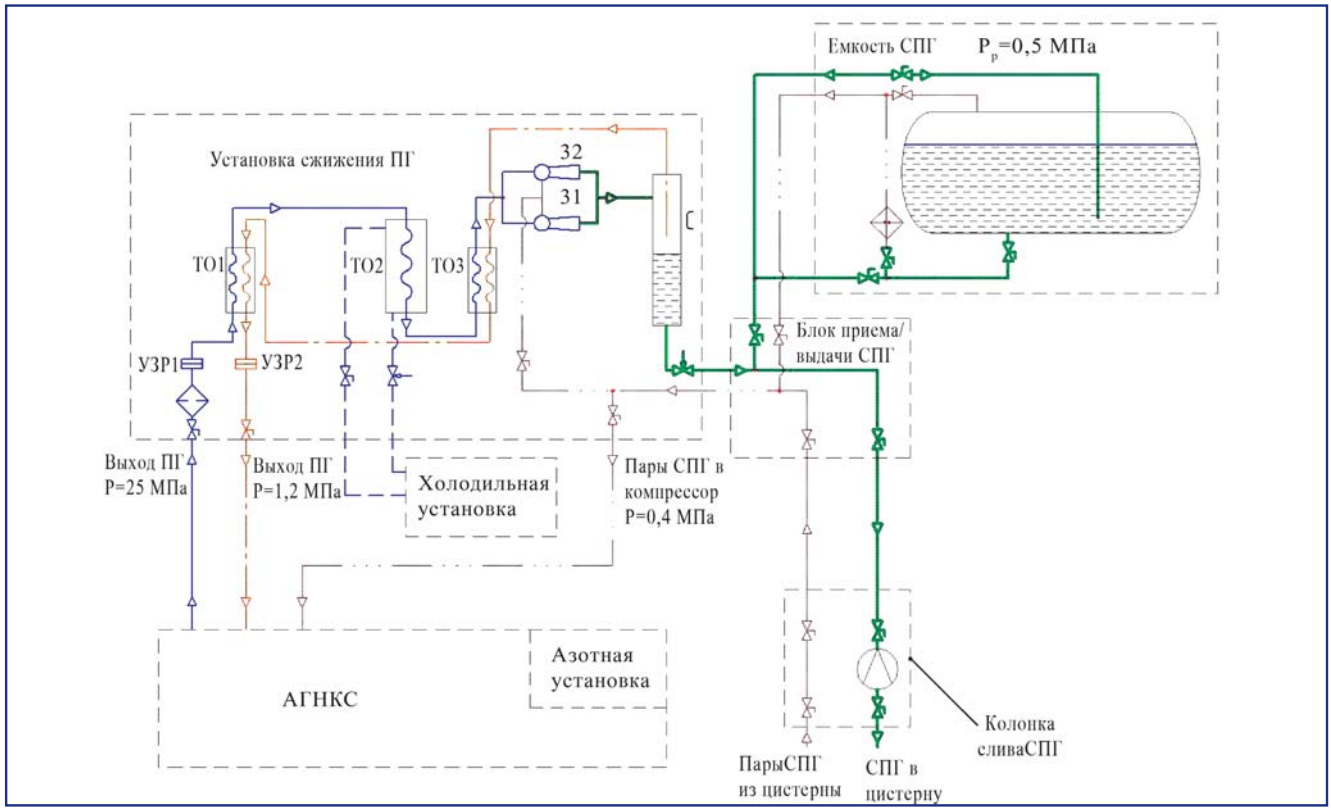


Рис. 6

Парожидкостная смесь после природного газа струйных компрессоров направляется в блок сепарации, где разделяется на СПГ и его пары. Пары СПГ формируются в обратный поток и, пройдя через теплообменники блока входа/выхода, где нагреваются до температуры 5...10 °С, поступают на вход в АГНКС.

СПГ из сепаратора дополнительно дросселируется до давления 0,4 МПа и через блок приема/выдачи СПГ поступает в технологическую емкость. По мере накопления, СПГ отгружается криогенным насосом в транспортные цистерны через колонку выдачи.

Используемая фреоновая холодильная установка имеет два контура. Первый контур фреона R404 служит для охлаждения фреона R23 второго контура. Каждый контур содержит по четыре компрес-

Фото 7

Фото 8

сора, которые по мере необходимости последовательно подключаются к работе с помощью АСУ комплекса. Использование нескольких компрессоров в каждом контуре позволяет:

– плавно регулировать нагрузку холодильной установки в соответствии с потребностями блока сжижения, что позволяет экономить электроэнергию при получении СПГ;

– обеспечивать резервирование оборудования установки.

Необходимо отметить еще ряд проектно-конструкторских решений принятых при создании комплекса.

В процессе эксплуатации комплекса предусмотрен возврат природного газа в газопровод при проведении технологических операций. Для этой цели в технологической схеме комплекса используется одна из компрессорных установок АГНКС.

Пары СПГ, образующиеся при захолаживании емкостей, трубопроводов, криогенного насоса, а также в режиме хранения СПГ, из состава АГНКС откачиваются с помощью выделенной компрессорной установки, предварительно подогреваясь в отдельном теплообменнике тосолом из общей системы охлаждения. При этом использование компрессора для откачки паров СПГ построено таким образом, что данная КУ кроме откачки паров может применяться и по прямому назначению.

Таким образом, при подготовке комплекса к работе и в процессе его работы исключены технологические потери природного газа со сбросом в атмосферу.

Для обеспечения рабочим телом пневмоагрегатов комплекса, а также для создания условий безопасной работы при проведении технологических операций и регламентных работ в его состав включена азотная установка. Производимый азот используется также при отогреве емкостей и трубопроводов.

Характеристики СПГ-комплекса

Реализация проекта по созданию комплекса СПГ началась в конце 2010 г. В течение первого и

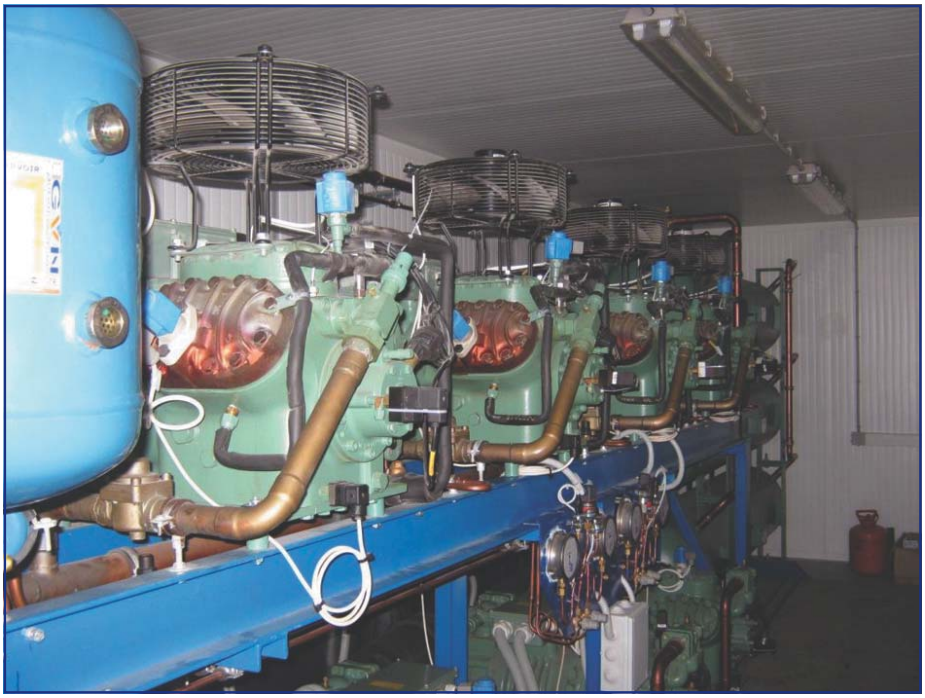


Фото 9

второго кварталов 2011 г. блоки комплекса были изготовлены в условиях промышленного предприятия. Блоки прошли полный комплекс автономных испытаний, после чего были отгружены Заказчику ООО – "Газпром трансгаз Екатеринбург" на площадку АГНКС г. Первоуральска. В течение третьего квартала оборудование было смонтировано и начались пусконаладочные работы.

Первый пуск комплекса состоялся в октябре 2011 г. с учетом программы-методики приемочных испытаний, а с декабря, вследствие ряда обстоятельств, комплекс был введен в опытно-промышленную эксплуатацию с режимом загрузки 16 до 20 ч в сутки.

К настоящему моменту комплекс отработал 1800 ч, произведя 720 т СПГ. При работе в штатном режиме двух КУ 2ГМ4-1,3/12-250 одновременной заправкой компримированным газом автомобилей, производительность установки сжижения составляет 580...620 кг/ч (примерно 14,5 т/сут.). Удельные затраты электроэнергии составляют 0,95...0,97 кВт/кг СПГ, что в 1,55 раза ниже, чем у обычной установки дроссельного типа, которая ранее эксплуатировалась на данной АГНКС [3].

Коэффициент сжижения ПГ при различных режимах работы установки – 47...52 %. Максимальная достигнутая производительность по СПГ 720 кг/ч.

Указанные характеристики соответствуют техническому заданию выполненных нами работ.

В настоящее время намечен перечень доработок в части оптимизации работы холодильной установки, что должно дополнительно повысить работы установки сжижения природного газа в целом.

Заключение

1. Проведенные ЗАО Научно-производственной компанией "НТЛ" совместно с ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург", ООО "Газпром трансгаз Ставрополь" работы на нескольких АГНКС подтверждают их высокую эффективность при сравнительно небольших затратах и возможность существенного расширения сферы применения существующих станций.

2. Комплексное внедрение новых систем охлаждения газа и тосола в компрессорных установках АГНКС позволяет:

– снизить удельные затраты электроэнергии при получении компримированного газа в среднем на 10...15 % со сроком окупаемости в течение 2–3 лет;

– повысить ресурс работы компрессорного оборудования за счет смягчения его температурного режима.

3. Использование материальной базы и инфраструктуры АГНКС для малотоннажного производства СПГ дает возможность:

– расширить сферу использования АГНКС и, тем самым, повысить их рентабельность;

– существенно снизить капитальные затраты при создании объектов малотоннажного производства СПГ;

– с учетом распространенности АГНКС в стране приблизить производство СПГ к непосредственному потребителю, тем самым снизив затраты на его транспортировку.

4. Комплексы малотоннажного производства СПГ на базе существующих АГНКС могут оказаться вполне конкурентноспособными по отношению к аналогичным производствам на базе других принципов сжижения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Горбачёв С.П.** Эффективность технологий производства СПГ на АГНКС // АвтоГазозаправочный комплекс+Альтернативное топливо. 2005. № 2. С. 42–44.

2. **Попов Н.А., Белов М.Б.** Создание установок сжижения природного газа и внедрения эффективных СПГ-технологий // Технические газы. 2010. № 4. С. 54–57.

СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА "НАУКА"

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

Мамедов Али Панах оглы, д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. лаб. 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

Литвишков Юрий Николаевич, член-корр. Национальной Академии наук Азербайджана (НАНА), д-р хим. наук, зав. лабораторией "Бифункциональный катализ" Института химических проблем им. акад. М.Ф. Нагиева НАНА

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

Талышинский 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

Шакунова Нинель Владиславовна, канд. хим. наук, ст. науч. сотруд. лаборатории "Бифункциональные катализаторы" Института химических проблем им. акад. М.Ф. Нагиева НАНА

Зульфугарова Сима Мамедовна, канд. хим. наук., вед. науч. сотруд. лаборатории "Бифункциональные катализаторы" Института химических проблем им. акад. М.Ф. Нагиева НАНА

Аскерова Авшана Исмаил кызы, канд. хим. наук, ст. науч. сотруд. лаборатории "Бифункциональные катализаторы" Института химических проблем им. акад. М.Ф. Нагиева НАНА

Марданова Нелли Меджид кызы, канд. хим. наук, вед. науч. сотруд. лаборатории "Промышленные катализаторы" Института химических проблем им. акад. М.Ф. Нагиева НАНА

Кашкай Айбениз Миралиевна, д-р хим. наук, вед. науч. сотруд. лаборатории "Бифункциональные катализаторы" Института химических проблем им. акад. М.Ф. Нагиева НАНА

Проскурина Галина Владимировна, ассистент кафедры "Информационные системы и информационный менеджмент", Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Гусев Михаил Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры "Информационные системы и информационный менеджмент", Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых

Щанкина Вера Геннадьевна, аспирант, мл. науч. сотрудник ООО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР", тел.: +7 (48762) 7-18-18 (доб. 4-09), e-mail: vesat@yandex.ru

Серегина Людмила Константиновна, ст. науч. сотрудник ООО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР", тел.: + 7 (48762) 7-18-18 (доб. 3-88)

Шаркина Валентина Ивановна, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник ООО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР", тел.: +7 (48762) 7-18-18 (доб. 3-35), e-mail: **vesat@yandex.ru**

Меньшиков Владимир Викторович, д-р техн. наук, профессор кафедры "Процессы и аппараты химической технологии", РХТУ им. Д.И. Менделеева

Г.С. Горячев, В.П. Кульбякин, С.Ю. Лебедев, ЗАО Научно-производственная компания "НТЛ", ул. Ленина, 29, г. Верхняя Салда Свердловской области, РФ, 624760 *e-mail: ntl@npk-ntl.ru

Н.А. Попов, А.В. Желтобрюхов, Управление "Уралавтогаз" – филиал ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург", а/я 315, г. Екатеринбург, РФ, 620007

А.Н. Суслов, "Кавказавтогаз" – филиал ООО "Газпром трансгаз Ставрополь", ул. Гражданская, 7, г. Ставраполь, РФ, 355008

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 Chimnaz Qafar kyzy, candidate of chemical sciences, leading researcher, IPP ANAS

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

Litvishkov Yuryi Nikolaevich, corresponding member of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (ANAS), doctor of chemical sciences, head of the "Bifunctional catalysis" department of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS

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; talyshinsky@list.ru

Shakunova Ninel' Vladislavovna, candidate of chemical sciences, senior researcher of the "Bifunctional catalysts" laboratory of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS

Zul'fugarova Sima Mamedovna, candidate of chemical sciences, leading researcher of the "Bifunctional catalysts" laboratory of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS

Askerova Avshana Ismail kyzy, candidate of chemical sciences, senior researcher of the "Bifunctional catalysts" laboratory of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS

Mardanova Nelli Medghid kyzy, candidate of chemical sciences, leading researcher of the "Industrial catalysts" laboratory of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS

Kashkai Aybeniz Miralievna, doctor of chemical sciences, leading researcher of the "Bifunctional catalysts" laboratory of the Institute of Chemical Problems named by academician M.F. Nagiyev ANAS

Proskurina Galina Vladimirovna, assistant of the Information Systems and Information Management department, the Vladimir state university named after Alexander and Nikolay Stoletovs, e-mail: proskurinaGalina@bk.ru

Gusev Mihail Alexandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the Information Systems and Information Management department, the Vladimir state university named after Alexander and Nikolay Stoletovs

G.S. Goryachev, V.P. Kulbyakin, S.Yu. Lebedev, JSC Nauchno-proizvodstvennaya NTL company, Lenin St. 29. Top Salda of Sverdlovsk region, Russian Federation, 624760, e-mail: ntl@npk-ntl.ru

N.A.Popov, A.V. Jeltobryuhov, Governance Uralavtogas subsidiary of LLC "Gazprom transgas Ekaterinburg, POB 315, g. Ekaterinburg, Russia, 620007

A.N. Suslov, "Kavkazavtogaz" – JSC Gazprom transgaz Stavropol branch, Grazhdanskaya St., 7, Stavropol, Russian Federation, 355008

ДМИТРИЙ МЕДВЕДЕВ: "...Переход на газомоторное топливо способен изменить ситуацию, и мы должны использовать этот переход как наше естественное конкурентное преимущество с учетом наших газовых возможностей"

Д.Л. Ожегов, гл. специалист по маркетингу направления ГБО ООО "РариТЭК"

На недавнем совещании по проблемам автопрома, которое провел премьер-министр Дмитрий Медведев, генеральный директор Сергей Когогин призвал ограничить использование дизельного топлива для общественного транспорта и грузовиков в городах-миллионниках, и создать условия для перевода транспорта на газ в этих городах.

В мире в странах с развитой сетью АНГКС и внушительным парком автотехники, работающей на природном газе метане, существует закон, который запрещает дизельным автомобилям въезд в административные и исторические районы городов и обслуживать муниципальные учреждения.

"Российский автопром будет более конкурентоспособным благодаря использованию альтернативных видов топлива, например газа" – заявил Дмитрий Медведев и тут же добавил "страна у нас огромная, транспортные расходы всегда будут выше, чем в Европе. Переход на газомоторное топливо способен изменить ситуацию, и мы должны использовать этот переход как наше естественное конкурентное преимущество с учетом наших газовых возможностей".

Премьеру РФ понравилась идея ограничения использования дизельных машин в коммунальной сфере и сфере общественного транспорта, "можно изучить проблему ограничения соответствующих транспортных средств и эксплуатации, потому что это вопрос безопасности", – заявил Медведев.

"Есть мировые тренды, и мы их не можем игнорировать. Автомобили на природном газе – один из самых перспективных видов транспорта. Затраты топлива в два раза ниже, чем у дизельных двигателей, и в два раза ниже, чем у бензиновых", – отметил Медведев.

В качестве успешно работающей техники руководитель Камского автогиганта назвал и "НефАЗы" на газе от дилера автозавода – компании "РариТЭК" (расположена в Набережных Челнах).

КамАЗ с "Газпромом" намерены серьезно заняться приведением "газовой революции" на российском внутреннем рынке в активную фазу.

Автомобили с двигателями, работающими на природном газе (метане), компания КамАЗ поставляет в Набережные Челны, Краснодар, Волгоград, ряд других городов. Техника эта себя хорошо показывает. На примере Набережных Чел-

нов в результате использования городскими службами техники на газовом топливе город сэкономил сумму, равную по стоимости целому грузовику. В месяц грузовик на газу экономит до 15...20 тыс. руб.

Выгода по газу и экологическая, расчеты показывают, что газ (метан) равноценен использованию топлива "Евро-5". К тому же газовое топливо доступнее в России и дешевле.

Республика Татарстан и компания Ros Roca Group/INDOX обсудили варианты сотрудничества

На днях в Доме правительства Республики Татарстан состоялась встреча Президента Республики Татарстан Рустама Минниханова и представителей компании Ros Roca Group/INDOX (Испания).

Со стороны Республики Татарстан в совещании также приняли участие представители кабинета министров, Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ РТ, Министерства транспорта и дорожного хозяйства РТ, Министерства экологии и природных ресурсов РТ и ОАО "КамАЗ".

Были обсуждены вопросы взаимовыгодного сотрудничества по таким направлениям, как сортировка и сбор твердых бытовых отходов, использование газомоторного топлива для заправки общественного транспорта, грузовых автомобилей, сельскохозяйственных машин и пр.

Рустам Минниханов отметил, что Татарстан и компания "Газпром" разработали проект перевода транспорта на газомоторное топливо. А существующие технологии компании Ros Roca Group/INDOX позволят сделать это качественнее, и вместе с ОАО "Газпром" мы можем решить эту задачу, сказал президент.

От ООО "РариТЭК" участие в данной встрече принял генеральный директор Рафаэль Батыршин.

Компании "КамАЗ" и "РариТЭК" входят в Совместную рабочую группу ОАО "Газпром" и Республики Татарстан по переводу транспорта на газомоторное топливо.

По итогам встречи было предложено, что перевод на газомоторное топливо может быть осуществлен в качестве пилотного проекта для большегрузов и сельскохозяйственной техники "Нью Холанд", производимой на площадях ОАО "КамАЗ".

Медведев на совещании в Нижнем Новгороде самокритично признал, что по вопросу внедрения газомоторного топлива в РФ ничего не происходит

Премьер-министр РФ Дмитрий Медведев обратил внимание на снижение объемов продаж легковых автомобилей в РФ и предложил задуматься над причинами. Об этом он заявил на совещании по стимулированию развития российской автопромышленности, состоявшемся в Нижнем Новгороде.

"С утра за завтраком открыл газету, посмотрел, написано, что объемы продаж автомобилей легковых снижаются у нас. Нужно проанализировать, что это, то ли действительно рынок вышел на параметры достаточности, то ли это общее сжатие экономики, то ли что-то еще", – сказал Медведев, слова которого приводит "Интерфакс".

Премьер-министр заявил о необходимости использовать конкурентные преимущества России при переводе на газомоторное топливо автомобилей в стране. "Есть мировые тренды, и мы их не можем игнорировать. Автомобили на природном газе – это один из самых перспективных видов транспорта", – сказал Медведев.

Он отметил, в частности, что такой переход вдвое снижает затраты на топливо, чем, например, у дизельных автомобилей, а также снижает выбросы в атмосферу. "Страна у нас огромная, транспортные расходы всегда будут выше, чем в Европе. Переход на газомоторное топливо способен изменить ситуацию, и в этом смысле мы вправе и должны использовать этот переход как наше естественное конкурентное преимущество с учетом наших газовых возможностей", – считает председатель правительства.

Он выразил надежду, что такой переход станет фактором повышения общей конкурентоспособности экономики страны. Вместе с тем он признал, что в России работы в этом направлении ведутся недостаточно активно. "Мы почти ничего не делаем, если так, по-честному, говорить на эту тему, в то время как значительная часть производителей этим занимается", – сказал Медведев.

Итоги работы КамАЗа по газомоторным автомобилям 2011 г. – 140 шт., 2012 г. – 370 шт.

Данную точку зрения в ходе совещания также поддержал генеральный директор ОАО "КамАЗ" Сергей Когогин, по словам которого, КамАЗ в этом году планирует завершить разработки автомобилей, работающих как на сжатом, так и на сжиженном природном газе. Он отметил, что если в 2011 г. КамАЗу удалось продать 140 автомобилей, работающих на газе, то в 2012 г. объем продаж увеличился до 370 автомобилей, а в текущем году портфель заказов достиг тысячи автомашин.

С. Когогин также отметил, что большие перспективы мог бы иметь перевод городских автобусов на работу

на газомоторном топливе. При этом КамАЗ готов при закупке более 100 автобусов предоставить бесплатно комплект оборудования для сервисного обслуживания.

По его словам, необходимо также принять меры, связанные с прекращением оборота высокосернистого дизельного топлива. "В городах-миллионниках, скорее всего, наверное, нужно принять ограничительные меры по использованию пассажирского и коммунального транспорта, не оборудованного газовым топливом. Это мировая практика", – сказал Когогин.

Итогом совещаний стал практически исторический документ, подписанный Д.А. Медведевым – распоряжение №767-р от 13 мая 2013 г.

Распоряжение включает в себя поручения по разработке комплекса правовых, экономических и организационных мер государственной поддержки производства, выпуска в оборот и оборота транспортных средств и сельскохозяйственной техники на природном газе, создания дорожной заправочной и сервисной инфраструктуры, системы статистического учета и технического регулирования при использовании природного газа в качестве моторного топлива.

Минпромторгу, Минрегиону, Минтрансу и Минэнерго России с участием заинтересованных федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и организаций до 1 января 2014 г., в частности, поручено разработать и представить в Правительство РФ комплекс мер, направленных на создание условий для доведения к 2020 г. в субъектах Российской Федерации уровня использования природного газа в качестве моторного топлива на общественном автомобильном транспорте и транспорте дорожно-коммунальных служб:

– в городах с численностью населения более 1 млн человек – до 50 % общего количества единиц техники;

– в городах с численностью населения более 300 тыс. человек – до 30 %;

– в городах и населенных пунктах с численностью населения более 100 тыс. человек – до 10 %.

Подписанный документ предполагает гармонизацию российских правовых актов в области стандартизации с соответствующими международными документами в сфере использования природного газа в качестве моторного топлива, а также стимулирование использования природного газа в качестве моторного топлива за счет налоговых льгот, мер таможенно-тарифного регулирования и субсидирования.

Документ подготовлен Минэнерго России

"ГАЗПРОМ" УКРЕПИТ СВОИ ПОЗИЦИИ НА РЫНКЕ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА ЗА РУБЕЖОМ

ОАО "Газпром" рассматривает рынок газомоторного топлива как перспективное направление деятельности компании, основной целью которого является повышение экономической эффективности реализации российского газа за рубежом, прежде всего в европейских странах.

Совет директоров ОАО "Газпром" принял к сведению информацию о деятельности компании по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива за рубежом.

Правлению поручено продолжить работу по укреплению позиций компании в сегменте использования природного газа в качестве моторного топлива на зарубежных рынках.

Главными движущими силами рынка газомоторного топлива продолжают оставаться ужесточение требований к экологической безопасности отработавших газов силовых установок транспортных средств и продолжающийся рост цен на моторное топливо нефтяного происхождения. В частности, в Европе основным фактором использования газа на транспорте является введение с 2014 г. стандарта Евро-6.

До настоящего времени единственным видом топлива, соответствующим современным эколого-экономическим требованиям, является природ-

ный газ. Его использование в автомобильном транспорте позволит снизить выбросы CO_2 на 25 % и выбросы угарного газа на 80 %.

Системная работа по расширению использования природного газа в качестве газомоторного топлива за рубежом с участием ОАО "Газпром" началась в 2008 г.

В настоящее время на европейском рынке газомоторного топлива Группа "Газпром" представлена через свои дочерние компании Gazprom Germania GmbH и Vemex.

В 2012 г. Gazprom Germania GmbH увеличила количество принадлежащих ей автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), осуществляющих заправку автотранспорта компримированным природным газом (КПГ) на территории Германии, с 2 до 6. К 2015 г. планируется увеличить количество принадлежащих компании станций до 15 за счет сооружения новых АГНКС.

Компания Vemex владеет 6 АГНКС в Чехии, 4 из которых были приобретены в 2012 г. Кроме того, осуществлялись поставки газа на 2 АГНКС, принадлежащие другим компаниям. Vemex также рассчитывает к 2015 г. довести количество станций до 15.

Также Группа "Газпром" предпринимает шаги для обеспечения поддержки своим инициативам в сфере использования газомоторного топлива со стороны властей европейских стран и регионов. Активно развивается сотрудничество по направлению расширения использования газомоторного топлива с международными организациями, такими как Европейская экономическая комиссия ООН, Международный газовый союз, Европейский деловой конгресс, Форум стран-экспортеров газа, а также региональные газомоторные ассоциации.

Кроме того, "Газпром" содействует популяризации использования природного газа на транспорте в Европе. В частности, в 2011 и 2012 гг. Группа "Газпром" приняла активное участие в организации и проведении пробегов газовых автомобилей по Европе "Голубой коридор". Также в 2012 г. Gazprom Germania GmbH провела успешную демонстрацию транспортно-заправочного комплекса в составе пассажирского автобуса на СПГ и мобильного криогенного заправщика в пяти городах Польши.

МИЛЛИАРД РУБЛЕЙ – НА СТРОИТЕЛЬСТВО АГНКС

В 2013 г. объем средств на реализацию инвестиционных проектов строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), предусмотренных программой газификации регионов РФ, составляет 1 млрд руб.

В рамках программы идет подготовка к началу строительства 21 АГНКС в Республике Татарстан, Вологодской, Новгородской, Нижегородской, Калужской, Воронежской, Новосибирской, Орловской, Ростовской, Рязанской, Тамбовской областях, Пермском и Ставропольском краях. Разрабатываются технико-экономические обоснования по 18 АГНКС в Волгоградской, Воронежской, Калужской, Ленинградской, Нижегородской и Саратовской областях. Еще в 23 регионах определяют места для размещения перспективных станций.

Основными критериями при выборе мест строительства будущих АГНКС являются, в частности, приемлемая норма доходности, наличие достаточных транспортных потоков, обеспечение регионами перевода автотранспорта на газомотор-

ное топливо или приобретение такого автотранспорта в количестве не менее 50 ед. ежегодно в расчете на одну АГНКС.

Параллельно "Газпром" будет планомерно увеличивать долю собственного транспорта (автомобильная, специальная, дорожно-строительная и грузоподъемная техника), работающего на природном газе. В текущем году будет разработана программа по расширенному переводу автотранспорта компаний Группы "Газпром" на газомоторное топливо на 2014–2017 гг.

Активизировано взаимодействие "Газпрома" с федеральными и региональными органами власти.

Так, раздел по развитию рынка газомоторного топлива включен в соглашения о сотрудничестве компании и российских регионов. С Калужской, Нижегородской, Орловской и Тамбовской областями подписаны соглашения о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива. В текущем году к ним могут присоединиться Москва, Санкт-Петербург и Республика Татарстан.

Особое внимание данной работе уделяется на Востоке России. В 2012 г. впервые утверждены семилетние совместные программы "Газпрома" и органов исполнительной власти Приморского, Хабаровского краев и Сахалинской области по переводу автотранспорта на газомоторное топливо.

Кроме того, с 2013 г. программы газификации российских регионов содержат обязательный раздел, предусматривающий обязательства сторон по развитию региональных рынков газомоторного топлива.

"Газпром" принимает участие в совершенствовании нормативно-правовой базы, регламентирующей производство и использование газа в качестве моторного топлива. Соответствующие предложения были представлены заинтересованным ведомствам, включая Министерство энергетики. Значительную поддержку развитию отрасли может оказать федеральный закон, предусматривающий комплекс мер по стимулированию перевода автотранспорта на газ. В настоящее время по инициативе "Газпрома" вопрос создания такого документа прорабатывается в правительстве РФ.

Совет директоров ОАО "Газпром" рассмотрел информацию о проводимой компанией работе по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива на территории Российской Федерации.

Было отмечено, что развитие в России рынка газомоторного топлива будет иметь существенный экономический и социальный эффект. Перевод автомобильной техники на газ приведет к сокращению стоимости автоперевозок за счет разницы в цене с традиционными видами топлива. Это повлечет за собой снижение транспортных издержек во всех отраслях экономики.

Также необходимо учитывать экологический фактор. Значительную нагрузку на атмосферу создают автомобильные выхлопы, что особенно актуально для крупных городов. Использование газа в автомобилях вместо бензина позволяет в среднем в пять раз снизить выбросы вредных веществ. Создание более благоприятной экологической обстановки непосредственно отразится на здоровье населения.

"Газпром" ведет активную и системную работу по расширению рынка газомоторного топлива в России. Данное направление бизнеса является профильным и прибыльным для компании и дает возможность создать на его основе крупный рынок сбыта своего природного газа.

Для повышения эффективности реализации стратегии "Газпрома" в области развития газомоторного рынка в 2012 г. была создана специализированная компания ООО "Газпром газомоторное топливо". Появление единого оператора, в частности, будет способствовать совершенствованию нормативно-технической базы, развитию в России производства газоиспользующей и газозаправочной техники. Расширение розничной сети сбыта компримированного природного газа позволит привлечь новых потребителей газомоторного топлива, в том числе в сельскохозяйственной отрасли, на речном и железнодорожном транспорте.

Совет директоров поручил правлению продолжить работу по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива в России совместно с органами государственной власти.

Использование природного газа в качестве моторного топлива активно развивается в мире и в настоящее время осуществляется более чем в 80 странах. Среднегодовой рост парка автомобильной техники на природном газе составляет 26 %. Ведущие мировые автопроизводители выпускают более 80 моделей газовых автомобилей. Российский парк автомобилей, работающих на природном газе, оценивается примерно в 90 тыс. ед., 4,6 % которых принадлежит "Газпрому".

Сегодня в 58 регионах Российской Федерации действует 246 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), суммарная ежегодная проектная производительность которых составляет около 2 млрд м^3. В России Группе "Газпром" принадлежит 210 АГНКС.

В 2012 г., по предварительным данным, через российские АГНКС реализовано 390 млн м^3 компримированного природного газа, что на 28,4 млн м^3 больше, чем в 2011 г.

"ГАЗПРОМ" СТАНЕТ ЭКСКЛЮЗИВНЫМ ПОСТАВЩИКОМ ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ VOLKSWAGEN MOTORSPORT

В Ганновере (Германия) в рамках Ганноверской промышленной выставки-ярмарки состоялась рабочая встреча председателя совета директоров ОАО "Газпром" Виктора Зубкова и члена совета директоров компании Volkswagen Ульриха Хакенберга.

Участники встречи обсудили сотрудничество в области поставок природного газа для нужд германской команды, участвующей в уникальной серии гонок, проводимой на автомобилях, работающих на природном газе.

По итогам переговоров в присутствии Виктора Зубкова Главный управляющий директор Gazprom Germania GmbH Вячеслав Крупенков и Ульрих Хакенберг подписали соглашение, в соответствии с которым Группа "Газпром" в лице Gazprom Germania GmbH с мая 2013 г. станет эксклюзивным поставщиком газомоторного топлива для Volkswagen Motorsport.

"Мы сердечно приветствуем компанию "Газпром" в качестве нового партнера кубка Scirocco R-Cup. Экологически чистый и энергоэффективный автоспорт всегда являлся основной целью Volkswagen. В рамках этого партнерства два важных участника на мировом рынке выбрали совместный путь. Компания Volkswagen обладает успешными традициями в сегменте автомобилей, работающих на природном газе. Я рад предстоящему сотрудничеству", – сказал Ульрих Хакенберг.

"Природный газ в качестве моторного топлива обладает высоким потенциалом, который позволит обеспечить экологически чистое и экономичное использование автомобилей. "Газпром" считает данный вид бизнеса одним из приоритетных направлений развития компании, в том числе на зарубежных рынках. В этой связи соглашение с Volkswagen является логичным продолжением наших усилий по расширению использования газомоторного топлива в Европе. Уверен, что наше сотрудничество будет успешным", – сказал Виктор Зубков.

Volkswagen является одним из крупнейших автопроизводителей мира и крупнейшим в Европе. В 2012 г. доля концерна на мировом автомобильном рынке составила 12,8 %. В Западной Европе почти четверть всех новых легковых автомобилей (24,4 %) изготовлена концерном Volkswagen.

Volkswagen производит 6 серийных моделей различного класса, работающих на природном газе: Caddy 2.0 EcoFuel, Caddy Maxi EcoFuel 2,0, Touran 1.4 TSI EcoFuel, Passat и Passat Variant 1.4 TSI EcoFuel, а также новая модель eco up! Таким образом, компания располагает одной из самых широких в мире линеек моделей автомобилей, использующих газ в качестве моторного топлива.

Volkswagen Scirocco R-Cup является единственной в мире гонкой автомобилей одинаковых моделей, работающих на природном газе и, таким образом, реализующей концепцию экологически чистого автоспорта.

Volkswagen Scirocco R-Cup является популярным автомобильным событием в мире. В турнире принимают участие 25 гонщиков, в число которых вошли молодые таланты, а также легенды автоспорта. В 2013 г. состоится 9 гонок в рамках чемпионата.

ОАО "Газпром" рассматривает рынок газомоторного топлива как перспективное направление деятельности компании, основной целью которого является повышение экономической эффективности реализации российского газа за рубежом, прежде всего в европейских странах.

В настоящее время на европейском рынке газомоторного топлива Группа "Газпром" представлена через свои дочерние компании Gazprom Germania GmbH и Vemex.

В 2012 г. Gazprom Germania GmbH увеличила количество принадлежащих ей АГНКС, осуществляющих заправку автотранспорта компримированным природным газом (КПГ) на территории Германии, с 2 до 6. К 2015 г. планируется увеличить количество принадлежащих компании станций до 15 за счет сооружения новых АГНКС.

Компания Vemex владеет 6 АГНКС в Чехии, 4 из которых были приобретены в 2012 г. Кроме того, осуществлялись поставки газа на две АГНКС, принадлежащие другим компаниям. Vemex также рассчитывает к 2015 г. довести количество станций до 15.

ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ МОЖЕТ РАБОТАТЬ ЭФФЕКТИВНО

О.В. Шершнев, руководитель отдела реализации проектов компании "Энергаз"

Рис. 1. *Алёхинское месторождение. Станция концевая низких ступеней сепарации*

Применение современных технологических систем газоподготовки позволяет рационально использовать ПНГ в качестве топлива на газотурбинных и газопоршневых электростанциях. Такое же оборудование обеспечивает подготовку и транспортировку попутного газа по трубопроводам для дальнейшей переработки.

Мировая практика и российский опыт подтверждают: область рационального применения ПНГ достаточно разнообразна и потому интересна специалистам, важна для государства и бизнеса.

Попутный нефтяной газ – смесь углеводородов, получаемых при добыче и сепарации нефти. Это побочный продукт нефтедобычи, состоящий из метана, этана, пропана, изобутана, бутана. ПНГ может включать также другие примеси различного состава и фазового состояния.

Рис. 2.

Существует несколько альтернатив сжиганию попутного нефтяного газа. Среди них – поставка ПНГ на нефтехимические и газоперерабатывающие предприятия, что требует создания инфраструктуры подготовки и транспортировки газа.

Все более широкое применение находит ПНГ в качестве топлива для выработки энергии на газотурбинных электростанциях непосредственно в районах нефтедобычи. Электроэнергия, получаемая на основе попутного газа, позволяет значительно повысить энергомощность этих регионов и сократить поставки из единой энер-

госистемы страны. Рост рыночной стоимости электроэнергии делает использование попутного газа в качестве топлива перспективным и экономически выгодным.

Тем не менее, ПНГ является таким полезным ископаемым, "попутная" добыча и использование которого доставляет немало забот нефтяным компаниям, чтобы достигнуть ожидаемого экономического и экологического эффекта.

ГТЭС мощностью 125 МВт на месторождении Южное Хыльчую работает на попутном газе

Выбор решения

Еще несколько лет назад утверждения экспертов изобиловали удручающими цифрами. Сжигание попутного газа на факелах нефтепромыслов в России вело к колоссальным потерям ценного химического сырья. Сотни миллиардов рублей ежегодно "улетали в трубу".

Поворотным моментом в отношении к проблеме утилизации ПНГ стало Постановление Правительства РФ от 8.01.2009 г. № 7 "О мерах по стимулированию сокращения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках". Этим документом, в частности, определен контрольный показатель сжигания газа, составляющий не более 5 % от объема добытого ПНГ.

За прошедшие годы отмечен положительный сдвиг в реализации правительственных решений. Организационные, экономические, технологические меры нефтяных компаний, подкрепленные обоснованными прогнозами развития нефтегазохимии, дают результат. По данным Минприроды, ОАО "Сургутнефтегаз" и "Татнефть" устойчиво выполняют норматив (95 %) по обязательной утилизации и рациональному использованию ПНГ. На этот показатель вышла и компания "Лукойл".

Совершенствуются экономические основы добычи и переработки попутного газа, разрабатываются новые меры по стимулированию этой отрасли. Законопроект "Об использовании попутного нефтяного газа и о внесении изменений в отдельные законодательные акты", инициированный Российским газовым обществом и Комитетом Госдумы по энергетике, прошел экспертизу в правительстве РФ и после доработки вносится на рассмотрение Думы.

По различным оценкам, в России ежегодно добывается 65...70 млрд м^3 попутного газа, из них около 15 млрд м^3 сгорает на факелах. Уровень утилизации ПНГ составляет порядка 80 %. Таким образом, специалистам-практикам есть где приложить свои усилия. При этом важно правильно выбрать пути рационального применения ПНГ. Исходя из экономического анализа, эксперты предлагают **пять вариантов использования попутного газа:**

- генерирование электроэнергии для нефтепромыслов;
- генерирование электроэнергии для поставки на региональный рынок;
- использование для производства сжиженного нефтяного газа (СНГ), нефтехимической продукции и "сухого" газа;
- применение при производстве дизельного топлива или метанола (технология "газ в жидкость");

Рис. 3. *ГТЭС Талаканского месторождения в Якутии работает на попутном газе*

Рис. 4. Комплекс подготовки ПНГ на центральном пункте сбора нефти Рогожниковского м/р "Сургутнефтегаза"

• обратная закачка газа в пласт для повышения нефтеотдачи.

При решении этих задач необходимо учитывать ряд особенностей:

1. Попутный газ получают путем сепарирования нефти в многоступенчатых сепараторах. Давление на ступенях сепарации значительно отличается и может составлять 1,6...3,0 МПа на первой ступени и до 0,05...0,15 МПа на последней ступени. Давление и температура получаемого продукта определяются технологией сепарирования смеси вода–нефть–газ, поступающей из скважины.

2. Специфической особенностью является, как правило, незначительный объем добытого ПНГ. Содержание углеводородов C_{3+} может изменяться в диапазоне от 100 до 600 г/м^3. При этом состав и количество ПНГ непостоянная величина: возможны как периодические (сезонные), так и разовые колебания (среднее изменение значений до 15 %).

3. Специалистам известна закономерность: чем выше ступень сепарации нефти, тем ниже качество газа. Попутный газ 1-й и 2-й ступеней обычно отправляется на газоперерабатывающие заводы. Значительные трудности всегда вызывает использование ПНГ последних ступеней сепарации – с давлением менее 0,5 МПа. Поэтому такой газ до недавнего времени попросту сжигался на факелах.

С учетом названных и других факторов возрастает значение подготовки попутного газа (очистка, осушка, компримирование) при наиболее распространенных способах его использования: (1) транспортировке по газопроводам для последующей переработки и (2) применению в качестве топлива для выработки электроэнергии.

На этих направлениях накоплен полезный опыт инженерных решений, представляющих интерес для специалистов-практиков.

Технологические возможности

Специалисты отмечают следующие преимущества подготовки ПНГ на базе современных дожимных компрессорных установок (ДКУ):

• опыт работы с тяжелыми нефтяными газами плотностью до 3 кг/м^3;

• возможность длительной эксплуатации при подаче агрессивного газа с высоким содержанием сероводорода (H_2S);

• способность надежной работы ДКУ при крайне низких значениях входного давления;

• возможность регулирования производительности в диапазоне от 0 до 100 %;

• бесперебойная эксплуатация компрессорных установок в экстремальных климатических условиях;

• автоматизация группового регулирования и взаимодействия нескольких ДКУ для оптимизации технологических процессов.

Такие ДКУ применяются непосредственно на нефтяных месторождениях для подготовки и подачи попутного газа в качестве топлива в турбины автономных газотурбинных электростанций.

Рис. 5. Система подготовки ПНГ на центральной перекачивающей станции Западно-Могутлорского месторождения

Аналогичное газодожимное оборудование действует также на объектах, предназначенных для сбора, сепарации, предварительной подготовки, учета и транспортировки ПНГ на центральные пункты сбора.

Особенно выделяются проекты, где ДКУ на одной компрессорной станции параллельно решают две задачи: обеспечивают топливом ГТЭС месторождения и используются для закачки попутного нефтяного газа в транспортный газопровод.

Качество подготовки попутного нефтяного газа

Необходимое качество подготовки ПНГ обеспечивается комплексом инженерных решений, реализуемых при разработке и производстве современных дожимных компрессорных установок.

Во-первых, это входной фильтр-скруббер для очистки газа на входе в компрессор и удаления из него жидких фракций и твердых частиц. Фильтр-скруббер, имеющий две ступени фильтрации и автоматическую дренажную систему, позволяет увеличить срок службы винтового компрессора и маслосистемы.

Во-вторых, поскольку в винтовом маслонаполненном компрессоре в процессе компримирования газ смешивается с маслом и на выход поступает газомасляная смесь, для сепарирования масла устанавливается фильтр-сепаратор и каскад специальных коалесцентных фильтров. Этим обеспечивается полная очистка газа от масла. Масло возвращается по дренажным трубопроводам в маслобак, а газ на выходе из компрессорной установки содержит в себе не более 3 ppm (мг/кг) масла. На ДКУ могут устанавливаться фильтры дополнительной очистки, после которых эта величина не превышает 0,5 ppm.

В-третьих, чтобы исключить выпадение конденсата в трубопроводе (после подготовки газа в компрессорной установке), на линии нагнетания после коалесцентных фильтров устанавливается газовый охладитель. Газ охлаждается до температуры ниже точки росы, что отделяет из него весь конденсат, который удаляется при помощи центро-

Рис. 6. Варандейское м/р (Ненецкий АО). ДКС низкого давления подготавливает газ в условиях Крайнего Севера

бежного сепаратора и сливается через автоматическую дренажную систему.

Зачастую проекты подготовки попутного газа предусматривают особые требования, помимо очистки и компримирования. Это осушка ПНГ, коммерческий учет его объема, поддержание стабильных показателей температуры газа вне зависимости от климатических условий. Для решения таких задач в комплект поставки дожимной компрессорной установки или станции включается специальное оборудование: блок учета газа, адсорбционно-рефрижераторный осушитель, чиллер (холодильная установка).

Оснащение объектов нефтегазового комплекса системами подготовки ПНГ или отдельными дожимными компрессорными установками (станциями) связано с выполнением еще одного важного условия – оборудование должно занимать минимальную площадь.

Особенности подготовки ПНГ при низком входном давлении

Пристального внимания заслуживают инженерные решения, на основе которых реализуется уникальная способность ДКУ подготавливать попутный газ при крайне низких значениях входного давления. Здесь существует несколько значимых проблем.

Под действием вакуума происходит выброс масла из маслосистемы во входной скруббер, поэтому необходимо "отсекать" входной трубопровод от основной магистрали. С этой целью компрессорные станции низкого давления оборудуются быстродействующими входными и выходными клапанами. Также по причине низкого входного давления в установку попадает воздух. Для контроля этого явления устанавливаются датчики кислорода, определяющие его содержание в газе.

При работе "под вакуумом" в ДКУ поступает очень тяжелый газ, который зачастую выпадает в конденсат, при этом растворяется в масле и сводит "на нет" его свойства. Для устранения этой проблемы применяется более вязкое масло, а компримирование проходит при высокой температуре, предотвращающей выпадение конденсата при охлаждении. Кроме того, ДКУ низкого давления комплектуются насосом откачки конденсата из входного фильтра-скруббера и дополнительными измерительными приборами.

Надежность систем подготовки ПНГ

Эксплуатационная надежность технологических систем газоподготовки, широко применяемых при различных способах рационального использования ПНГ, должна обеспечиваться комплексом факторов:

- индивидуальные инженерные решения, учитывающие состав и особенности попутного газа на конкретных месторождениях;
- обоснованный подбор и применение специальных материалов и сплавов, марок стали и комплектующих деталей при изготовлении оборудования;
- высокий уровень автоматизации, резервирования элементов и эксплуатационной безопасности;
- комплексные заводские испытания;
- максимальная степень заводской готовности при поставке на объект;
- квалификация инженерного персонала, качество пусконаладочных работ и сервиса;
- подтвержденный ресурс и ремонтопригодность в сложных климатических условиях;
- значительный опыт подготовки топлива для газовых турбин различной мощности.

Фото предоставлены автором

1,4 млрд долларов – сумма инвестиций на переработку ПНГ в Югре в 2012–2013 гг.

1,4 млрд долларов – таков суммарный объем инвестиций нефтяных компаний Югры на переработку ПНГ в 2012–2013 гг., заявила губернатор автономного округа Наталья Комарова.

Как сообщили Накануне.RU в региональном департаменте общественных связей, впервые за несколько десятилетий ХМАО перестал быть лидером по объему сжигаемого попутного нефтяного газа (ПНГ). В следующем году регион планирует достичь нормативного уровня утилизации ПНГ в 95 %.

Напомним, что с 1 января 2012 г. была установлена нормативная граница утилизации ПНГ, т.е. использование его для разных нужд промышленности в размере 95 % от объема его добычи. Целевой показатель сжигаемого на факелах ПНГ – 5 % от добычи, а все, что сжигается свыше, облагается крупным штрафом.

По оценке министерства природных ресурсов и экологии, суммарный размер штрафа за прошлый 2012 г. составил около 6 млрд руб. В текущем году эта цифра может возрасти, так как коэффициент при расчете платы за сжигание сверхнормативного ПНГ с начала 2013 г. составил 12 против 4,5 в 2012 г. С 2014 г. коэффициент расчета штрафов за сжигание ПНГ будет составлять 25.

Как свидетельствуют данные информационно-аналитического центра RUPEC, недропользователи Югра быстрее других сокращают сжигание ПНГ. В 2012 г. факельное сжигание ПНГ в автономном округе сократилось по сравнению с 2011 г. на 26 %. В результате округ, который несколько десятилетий лидировал по абсолютному объему сжигаемого попутного газа, в прошлом, 2012 г. впервые уступил лидерство регионам Восточной Сибири.

В физическом выражении сокращение сжигания ПНГ в ХМАО составило 1,5 млрд м^3. Доля сжигаемого ПНГ от общего объема его добычи в 2012 г. сократилась на 3,6 процентных пункта до 11,2%. Это один из лучших показателей в стране. В среднем по РФ этот показатель составляет 23,8 %.

В Югре сейчас работает восемь газоперерабатывающих предприятий. При этом два из них были запущены в эксплуатацию именно в прошлом году, в том числе ГПЗ на Салымской группе месторождений. Объем газа, поступившего на ГПЗ округа по итогам 2012 г., вырос на 9,2 % до 23,1 млрд м^3.

Переработанный газ – это не только топливо, но и ценное сырье для газохимической промышленности. Поэтому местные власти активизировали процесс создания газохимического кластера на территории округа. Департамент Югры по недропользованию уже выделил несколько зон для создания соответствующих предприятий.

Как заявила губернатор округа Наталья Комарова, суммарный объем инвестиций нефтяных компаний на переработку ПНГ в 2012–2013 гг. составляет 1,4 млрд долларов. Уже в 2014 г. Югра должна выйти на нормативный уровень утилизации 95 %. То есть в следующем году попутный газ будет приносить нефтегазодобывающим компаниям автономного округа не штрафы, а дополнительные доходы.

РИА Новости

ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕРАБОТКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В РОССИИ В 2012 г.

ВВЕДЕНИЕ

Перед вами первый выпуск аналитического отчета "Производство и переработка попутного нефтяного газа в России", подготовленного информационно-аналитическим центром RUPEC. Данный выпуск посвящен итогам 2012 г. с выделением результатов IV квартала.

Проблема попутного нефтяного газа в России остается актуальной и широко обсуждаемой все последние годы. Но именно сейчас, после вступления в силу постановлений правительства об увеличении платы за сверхнормативное сжигание попутного газа и активизации инвестиционных программ нефтегазовых компаний регулярный анализ позволит отслеживать качественные изменения в этой сфере. Кроме того, именно с ростом переработки ПНГ связан ожидаемый прирост производства в России легкого углеводородного сырья для последующего использования в нефтехимической промышленности. Именно этот посыл является фундаментом, на котором строятся все стратегические программы развития нефтехимии. Можно сказать, что перспективы этой отрасли во многом взаимосвязаны с успехом в области полезного использования попутного нефтяного газа.

Аналитический отчет "Производство и переработка попутного нефтяного газа в России" содержит важнейшие статистические данные, события и тенденции. Уникальной особенностью отчета является представление информации о производстве и утилизации ПНГ в разрезе не только нефтегазодобывающих компаний, но и ключевых нефтегазовых регионов страны.

Информационно-аналитический центр RUPEC планирует представлять общественности аналитический отчет на ежеквартальной основе. Мы рассчитываем в партнерстве с профильными органами власти и участниками рынка совершенствовать методологию сбора и анализа статистической информации для выработки единого для всех субъектов данного процесса репрезентативного источника информации о попутном нефтяном газе в России.

Методология составления отчета

В качестве базового статистического массива использовались данные, предоставленные Федеральным государственным унитарным предприятием "Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса" (ГП "ЦДУ ТЭК").

Уточнение первичных данных происходило путем осуществления запросов в федеральные регулирующие органы (Ростехнадзор, Росприроднадзор), крупнейшие нефтегазовые компании ("Роснефть", "Лукойл", ТНК-ВР "Сургутнефтегаз", "Газпром нефть", "Башнефть", "Татнефть", "Славнефть", "РуссНефть", "Газпром", "НОВАТЭК", операторы СРП), профильные подразделения органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации.

Выполнялось агрегирование данных в региональном разрезе на основе территориальной принадлежности недропользователей – операторов лицензий на добычу углеводородного сырья.

К региону "Восточная Сибирь" отнесены Красноярский край, Иркутская область, Бурятия, Тыва, Хакассия, Алтай, Алтайский край, Новосибирская область, Томская область, Омская область, Кемеровская область.

К региону "Дальний Восток" – Якутия, Камчатский край, Чукотский автономный округ, Магаданская область, Сахалинская область, Забайкальский край, Амурская область, Хабаровский край и Приморский край.

К региону "Урал" – Свердловская область, Пермский край, Башкирия, Удмуртия, Челябинская область, Курганская область.

К региону "Поволжье" – Оренбургская область, Самарская область, Саратовская область, Татарстан.

К региону "Коми" – Коми и Ненецкий автономный округ.

К региону "Юг" – республики Кавказа, Ставропольский край, Краснодарский край, Калмыкия, Астраханская область, Адыгея, Волгоградская область, Ростовская область.

Регионы "ЯНАО" и "ХМАО" совпадают с одноименными автономными округами.

КРАТКИЙ ОБЗОР "ПРОИЗВОДСТВО И ПЕРЕРАБОТКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА В РОССИИ В 2012 г."

2012 г. в сфере производства и утилизации попутного нефтяного газа оказался в какой-то мере уникальным. С одной стороны, к кульминации подошла начатая в 2007 г. государственная кампания

по борьбе с горящим попутным нефтяным газом: с 1 января 2012 г. изменились система и размеры оплаты за сверхнормативное сжигание ПНГ. По словам министра природных ресурсов и экологии РФ Сергея Донского, общий объем штрафных платежей за сжигание попутного газа в 2012 г. прогнозируется на уровне 6 млрд руб.

С другой стороны, еще к началу 2012 г. нефтяные компании согласно поручению Владимира Путина должны были выйти на уровень 95 %-й утилизации ПНГ. Такого результата смогли достичь только "Сургутнефтегаз" и "Татнефть", для остальных же недропользователей 2012 г. стал периодом активизации ранее начатых программ по увеличению полезного использования попутного газа.

По итогам 2012 г. производство попутного нефтяного газа в России выросло на 4,8 % при общем по стране росте добычи нефти и газового конденсата на 1,3 %. Разница в динамике по ПНГ и нефти может объясняться двумя причинами: во-первых, ростом добычи нефти на новых месторождениях с газовым фактором выше среднего, а во-вторых – стремлением недропользователей всеми силами сохранить добычу на традиционных промыслах без должного поддержания давления в пластах, что провоцирует рост газового фактора.

Позитивным результатом года стала практически стабильная добыча ПНГ в ХМАО: сокращение составило всего 3 %, хотя могло быть куда больше. Снизить темпы падения добычи нефти и попутного газа в регионе помогли налоговые меры, предпринятые правительством осенью 2011 г.

Ключевыми регионами-драйверами стали регионы, где ведется освоение новых крупных месторождений. Это Восточная Сибирь, где добыча попутного газа выросла на 36 %, и Ямало-Ненецкий автономный округ, где рост составил 18 %. К позитивным тенденциям также можно отнести положительную динамику Поволжья (+15 %), старого добычного региона, где недропользователям за счет применения современных технологий удается наращивать добычу нефти и как следствие попутного нефтяного газа.

В 2012 г. также на 5 % выросли поставки попутного газа на квалифицированную переработку на газоперерабатывающие заводы. Основной вклад в этот результат (1,94 млрд м^3, или +9 % к 2011 г.) внес Ханты-Мансийский автономный округ – Югра. Это оказалось возможным благодаря целой серии событий в газоперерабатывающей отрасли, которые пришлись на 2012 г. Речь идет о пуске первых западносибирских частных мини-ГПЗ на Салымских месторождениях и Приобском месторождении "Роснефти", новой компрессорной станции на том же месторождении для прокачки газа на ранее увеличенные мощности Южно-Балыкского газоперерабатывающего комплекса СИБУРа, компрессорной станции на месторождениях "Лукойла" в районе города Нягань и как следствие росте поставок ПНГ на "Няганьгазпереработку". Значительным также оказался прирост поставок газа на ГПЗ в Поволжье, что стало эффектом выхода на технологический режим Миннибаевского ГПЗ "Татнефти", а также дозагрузкой (за счет роста производства) газоперерабатывающих объектов "Роснефти" и ТНК-ВР.

Как следствие, объемы факельного сжигания в 2012 г. выросли незначительно – на 2 %. Главной новостью при анализе региональной структуры сжигания ПНГ стала смена лидера. Долгие годы самые большие объемы ПНГ сжигались на территории ХМАО, однако по итогам 2012 г. первенство перешло к Восточной Сибири, которая прибавила 31 % и вышла на отметку 7,55 млрд м^3. При этом ХМАО как раз оказался в числе лидеров по сокращению объемов сжигания с результатом 26 % – до 4,29 млрд м^3. Увеличился также объем сжигания в Поволжье (21 %, или 259 млн м^3), что связано, очевидно, с упомянутым выше существенным ростом производства при ограниченности перерабатывающей и транспортной инфраструктуры.

При анализе итогов 2012 г. в разрезе компаний главной новостью стала смена лидера по общему производству ПНГ. ТНК-ВР уступила первенство "Роснефти", которая в 2012 г. добыла 15,5 млрд м^3 попутного газа. Лидером же по приросту объемов производства ПНГ стала "Газпром нефть", прибавив 41 % – до уровня 6,36 млрд м^3. Впрочем, по имеющимся данным, этот прирост был в основном обусловлен развитием добычи газа газовых шапок на Муравленковском месторождении при незначительном росте добычи собственно попутного нефтяного газа.

"Роснефть", выйдя на первое место по объемам добычи, осталась и лидером по объемам сжигания ПНГ. Достигнув по итогам 2012 г. уровня утилизации в 51 %, компания направила на факельное сжигание более 7,5 млрд м^3 попутного газа, что на 11 % больше, чем в предыдущем году. По итогам года существенно сократить сжигание удалось "Сургутнефтегазу" (–66 %), "Лукойлу" (–40 %) и "РуссНефти" (–18 %). Выросло сжигание вслед за ростом объемов добычи у "Газпром нефти" (+18 %) и "Башнефти" (+43 %).

Тенденциозным оказался IV-й кв. 2012 г. В преддверии перехода с 1 января 2013 г. на еще более высокие штрафы за сжигание газа компании активно гасили факелы. У всех компаний (кроме

"Роснефти") в IV кв. отмечено резкое сокращение сжигания.

Средний уровень утилизации ПНГ в России в 2012 г. составил 75,5 %.

Существенно увеличить уровень полезного использования удалось "Лукойлу", который вышел на приличный показатель в 88 %, "РуссНефти" с итоговым результатом 70 % и "Газпром нефти", которая достигла планки в 66 %. Остальные компании или незначительно снизили уровень утилизации, или же сохранили его примерно на уровне 2011 г.

Показателен также тот факт, что независимые нефтедобывающие компании на фоне роста объемов добычи ПНГ на 10 % сумели нарастить общий уровень утилизации до 63 %, то есть смогли направить на полезное использование практически все новые объемы газа.

С точки зрения уровня утилизации IV кв. 2012 г. также стал показательным: все недропользователи, кроме "Роснефти" и "Газпрома", активно увеличивали этот показатель. В свою очередь, это позволяет ожидать по итогам 2013 г. ускорения роста объемов ПНГ, поступающих на полезное использование.

ИТОГИ 2012 ГОДА

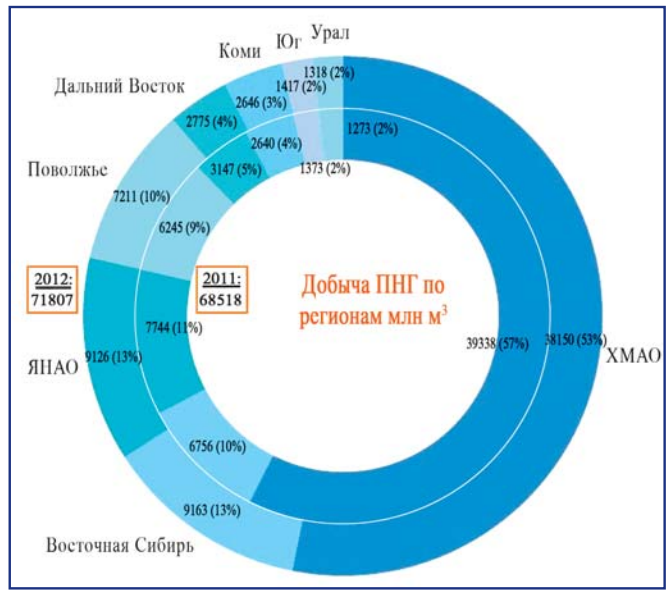
По итогам 2012 г. производство попутного нефтяного газа в целом по России выросло на 4,8 % по сравнению с предыдущим годом. При этом статистика 2011 г. показывает, что пик производства ПНГ пришелся на IV кв. и составил 17 993 млн м^3. Этот факт был связан в основном с тем, что в октябре 2011 г. начал действовать новый налоговый режим для нефтедобычи, который позволил сократить темпы падения производства нефти на традиционных месторождениях в ключевых исторических регионах. Вслед за этим замедлилось и падение производства ПНГ в традиционных регионах. Так, например, в ХМАО в 2012 г. производство попутного газа сократилось всего на 3 %.

1. Региональная структура

Тем не менее, основной вклад в положительную динамику всего 2012 г. внесла добыча ПНГ на новых месторождениях в Восточной Сибири: Ванкорском, Талаканском и Верхнечонском. Это подтверждается 36 % ростом в регионе. Высокие темпы прироста по ПНГ показал и Ямало-Ненецкий автономный округ (+18 %) как один из регионов, где ведется освоение новых месторождений.

Хорошую динамику также показало Поволжье (+15 %). Главными факторами здесь стали интерес нефтяных компаний к Оренбургскому региону и активное развитие как старых промыслов за счет применения методов увеличения нефтеотдачи, так и освоение новых месторождений.

Отрицательную динамику показали Дальний Восток (–12 %) за счет сокращения добычи ПНГ



Добыча ПНГ по регионам, млн м^3

Регион	III кв. 2012 г.	IV кв. 2012 г.	Изменение, %	2011 год	2012 год	Изменение, %
ХМАО	9527	9755	2	39 338	38 150	–3
Восточная Сибирь	2365	2598	10	6756	9163	36
ЯНАО	2266	2300	2	7744	9126	18
Поволжье	1815	1880	4	6245	7211	15
Дальний Восток	687	674	–2	3147	2775	–12
Коми	654	671	3	2640	2646	0
Юг	344	363	6	1373	1417	3
Урал	340	351	3	1273	1318	4
Всего РФ	17 998	18 591	3	68 518	71 807	5

на проекте "Сахалин-1" и ХМАО (–3 %). В последнем, как отмечено выше, снижение оказалось менее значительным, чем могло быть без введения более комфортного налогового режима.

Поставки ПНГ на переработку на газоперерабатывающих заводах выросли в целом по России в 2012 г. синхронно с общим ростом производства ресурса. Но эти тенденции не имеют прямой зависимости, поскольку региональная структура поставок на ГПЗ принципиально иная, нежели структура добычи. По итогам 2012 г.основной прирост в абсолютных величинах (+1,94 млрд м^3 или 9 %) дал именно ХМАО. Это было обусловлено несколькими факторами.

Во-первых, в феврале и мае 2012 г. были введены мини-ГПЗ на Приразломном месторождении (проект компаний "Роснефть" и "Монолит") и на Салымской группе месторождений (проект компаний "Русс-Нефть", "Монолит" и "Салым Петролеум Девелопмент"). Мощности заводов по сырому газу составляют 200 млн и 360 млн м^3 соответственно. Кроме того, "Лукойл" увеличил поставки газа на переработку на ГПЗ ("Няганьгазпереработка") с группы месторождений ТПП "Урайнефтегаз" за счет строительства к январю 2012 г.Северо-Даниловской компрессорной станции (прирост почти 240 млн м^3). Также возросла прокачка ПНГ на Южно-Балыкский ГПК со стороны северной лицензионной территории Приобского месторождения "Роснефти" за счет пуска в эксплуатацию КС-2 на правом берегу Оби.

Наиболее существенная отрицательная динамика поставок ресурса в переработку – у Дальнего Востока. Причина тут та же, что и в случае с самим производством ПНГ: сокращение его добычи на проекте "Сахалин-1" и почти эквивалентное падение поставок на Береговой завод для переработки.

Отрицательную динамику также показал Ямало-Ненецкий округ, но небольшую как по абсолютным цифрам (157 млн м^3, так и по относительным –4 %). Причины тут могут быть связаны с активным развитием инвестиционных проектов на ГПЗ региона: проведение реконструкций и расширений на объектах вынуждает временно прекращать прием газа. В 2012 г., например, завершился проект по созданию СИБУРом Вынгапуровского ГПЗ мощностью свыше 2,4 млрд м^3, нацеленного на переработку газа Вынгапуровской группы месторождений "Газпром нефти". Собственно, пуск этого предприятия в конце сентября 2012 г. отразился в общей статистике ЯНАО за IV-й кв.: поставки газа на переработку выросли на 159 млн м^3, или 16 %. Также снижение объемов переработки в ЯНАО в целом по году связано с перенаправлением компанией "Роснефть" части ПНГ напрямую в газотранспортную систему, без выделения фракций C_{3+} на ГПЗ.

Рост поставок ПНГ на переработку на территории Поволжья (345 млн м^3, или 12 %) был связан с выходом на проектный режим реконструированных мощностей Миннибаевского ГПЗ "Татнефти", ростом поставок на Отрадненский и Нефтегорский ГПЗ "Роснефти" вслед за увеличением добычи газа "Самаранефтегазом", а также ростом поставок на Зайкинский ГПП ТНК-ВР вслед за реализацией программы компании по развитию системы сбора и транспорта ПНГ в Оренбургском регионе.

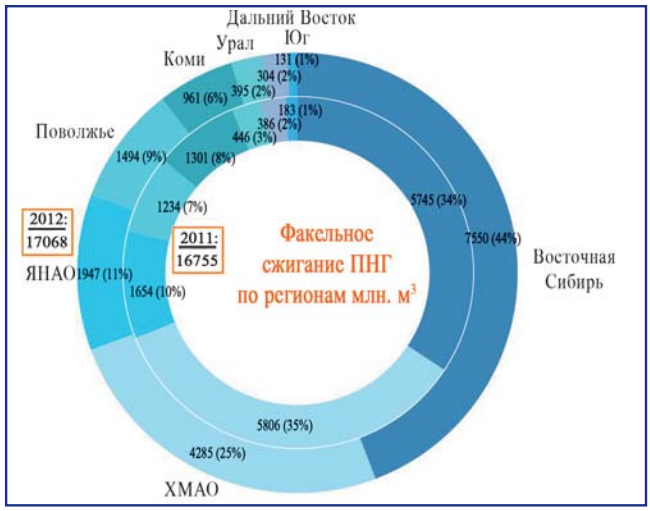
Поставки ПНГ на ГПЗ и его добыча выросли в 2012 г. в целом по России одинаково в относительном выражении – на 5 %. В абсолютных величинах рост производства ресурса существенно превысил рост не только объемов переработки, но и использования газа по другим направлениям. Закономерно, что по итогам года в целом по России незначительно, но выросли объемы факельного сжигания газа (+2 %, или 313 млн м^3). Вместе с тем достаточно позитивную динамику показал крупнейший добывающий регион – ХМАО. Объемы факельного

Поставки ПНГ на газоперерабатывающие предприятия по регионам, млн м^3

Регион	III кв. 2012 г.	IV кв. 2012 г.	Изменение, %	2011 г.	2012 г.	Изменение, %
ХМАО	5934	6417	8	21 137	23 074	9
ЯНАО	985	1144	16	4199	4042	–4
Поволжье	797	815	2	2917	3262	12
Урал	121	127	4	490	495	1
Дальний Восток	191	54	–72	1073	465	–57
Юг	114	100	–12	449	427	–5
Коми	51	50	–2	161	193	19
Восточная Сибирь	7	6	–11	31	28	–8
Всего РФ	8200	8713	6	30 457	31 987	5

Факельное сжигание ПНГ по регионам млн м^3

Регион	III кв. 2012 г.	IV кв. 2012 г.	Изменение, %	2011 г.	2012 г.	Изменение, %
Восточная Сибирь	1953	2143	10	5745	7550	31
ХМАО	1243	902	–27	5806	4285	–26
ЯНАО	555	314	–43	1654	1947	18
Поволжье	436	332	–24	1234	1494	21
Коми	237	224	–5	1301	961	–26
Урал	115	114	–1	446	395	–11
Дальний Восток	71	59	–17	386	304	–21
Юг	39	29	–25	183	131	–28
Всего РФ	4649	4117	–11	16 755	17 068	2



сжигания здесь в 2012 г. сократились на 26 %, или на 1520 млн м^3. Сказалось общее падение производства ПНГ на фоне роста его поставок на ГПЗ. Негативным итогом года с точки зрения сжигания газа стал выход на лидирующие позиции по этому показателю Восточной Сибири, на месторождениях которой отсутствуют комплексные решения по полезному использованию ПНГ. В итоге рост сжигания в 2012 г. по сравнению с предыдущим годом составил 31 %, или 1805 млн м^3.

Значительным также оказался рост факельного сжигания в Поволжье (+21 %, или 259 млн м^3), что было вызвано, видимо, более активным ростом производства газа вслед за общим развитием нефтедобычи, нежели созданием газотранспортной и перерабатывающей инфраструктуры. Важным событием в этом регионе в 2013 г. должно стать завершение реконструкции и расширения мощностей Зайкинского ГПП ТНК-ВР в Оренбургской области с одновременным подключением к нему новых отдаленных месторождений региона.

Если же исключить из рассмотрения Восточную Сибирь, то по остальным регионам в целом в 2012 г. можно отметить сокращение факельного сжигания на 14 %, или 1,4 млрд м^3. Не исключено, что в этом проявился эффект перехода с 1 января 2012 г. на новую систему штрафов за сжигание газа.

2. Структура производства и использования ПНГ в разрезе нефтегазовых компаний

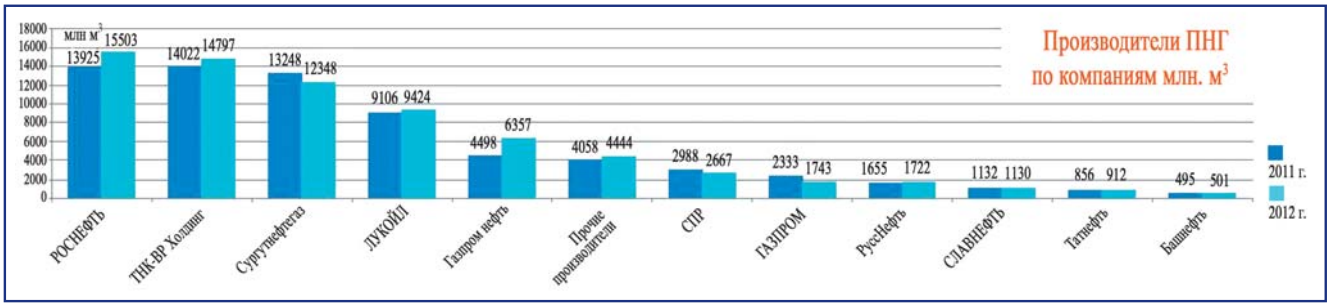
В разрезе добывающих компаний произошла смена лидера по добыче попутного нефтяного газа. Если в 2011 г. им являлась ТНК-ВР, то по итогам 2012 г. лидерство перехватила "Роснефть".

Лидером роста производства ПНГ в 2012 г. стала "Газпром нефть", прибавив по итогам IV кв. 41 %, или 1859 млн м^3. Анализ поквартальной статистики производства ПНГ компанией показывает, однако, что основной прирост произошел в IV кв. 2011 г. и I кв. 2012 г. на 25 % (264 млн м^3) и 20 % (261 млн м^3), и с тех пор уровень производства ПНГ оставался примерно стабильным. По нашей информации, этот результат имеет скорее методологический характер: в общую статистику попадает не только попутный нефтяной газ, но и добываемый на нефтяных месторождениях природный газ газовых шапок. Рост производства суммарного газового сырья у "Газпром нефти" связан в основном с вводом в эксплуатацию пятого "куста" сеноманских скважин на Муравленковском месторождении. Фактор же роста добычи нефти и, соответственно, ПНГ сыграл меньшую роль.

"Роснефть" традиционно показывает рост производства попутного газа, впрочем, основным драйвером этой статистики являются восточносибирские проекты компании. Анализ статистики в разрезе недропользователей демонстрирует, что

Производство ПНГ по компаниям, млн м^3

Регион	III кв. 2012 г.	IV кв. 2012 г.	Изменение, %	2011 г.	2012 г.	Изменение, %
Роснефть	3919	4083	4	13 925	15 503	11
ТНК-ВР Холдинг	3730	3747	0	14 022	14 797	6
Сургунефтегаз	3064	3081	1	13 248	12 348	–7
Лукойл	2379	2496	5	9106	9424	3
Газпром нефть	1573	1623	3	4498	6357	41
Прочие производители	1113	1281	15	4058	4444	10
СРП	652	646	–1	2988	2667	–11
Газпром	459	466	1	2333	1743	–25
РуссНефть	420	441	5	1655	1722	4
Славнефть	283	283	0	1132	1130	0
Татнефть	234	230	–1	856	912	7
Башнефть	120	134	12	495	501	1



производство ПНГ на основном "историческом" промысле госкомпании – "Юганскнефтегазе" – оставалось стабильным, рост же показала "Ванкорнефть", причем скачок (15 %) произошел в IV кв. 2012 г.

Операторы СРП в сумме снизили производство ПНГ на 11 %.

Абсолютным лидером по объемам факельного сжигания попутного газа в 2012 г. осталась "Роснефть". На ее промыслах в общей сложности сгорело более 7,5 млрд м^3 ресурса, или на 759 млн м^3 больше, чем годом ранее. Хотя в относительном выражении этот прирост составил достаточно скромные 11 %.

Любопытен следующий факт. Несмотря на значительный рост общего производства ПНГ "Газпром нефтью", факельное сжигание по итогам года выросло на 18 %, или на 328 млн м^3. Но в IV кв. 2012 г. компания показала весьма солидное снижение сжигания – на 29 %. Очевидно, это связано с реализацией первой фазы Ноябрьского интегрированного проекта по утилизации газа на Вынгапуровской группе месторождений компании с подачей ресурса на новый Вынгапуровский ГПЗ холдинга СИБУР. Разница же в динамике прироста добычи и сжигания в целом по году может объясняться попаданием в общую статистику сеноманского природного газа, который на факелах почти не сжигается.

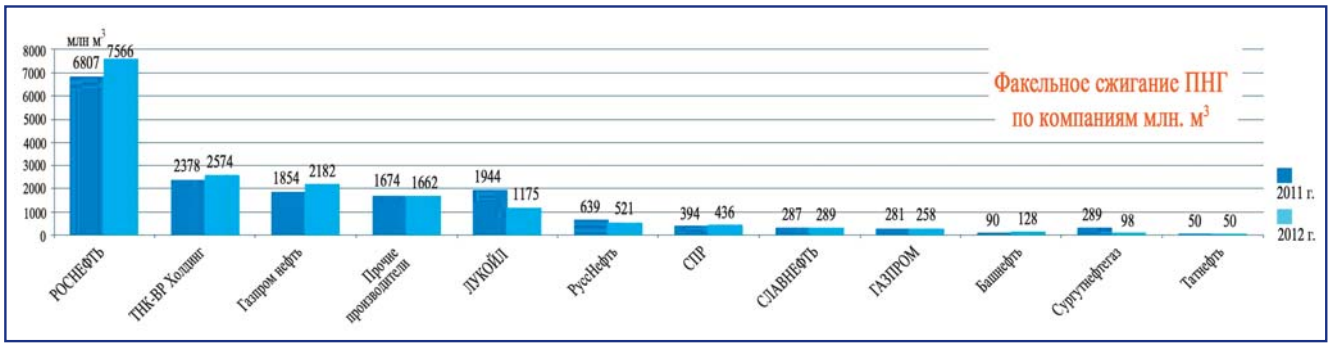
Аналогичная картина у ТНК-ВР: при 8 % росте в целом по году в IV кв. сокращение сжигания составило 30 %.

Подобная тенденция наблюдается по всем компаниям, кроме "Роснефти": именно в IV кв. 2012 г. объемы сжигания существенно сократились в относительном выражении. Это можно связать с тем, что с 1 января 2013 г. должны были существенно возрасти штрафы за сжигание ПНГ, а потому компании старались всеми силами минимизировать сжигание к этой дате.

В целом по году самый впечатляющий результат показал, пожалуй, "Лукойл", который сократил сжигание на 40 %, или на 769 млн м^3. Для достижения этого результата компания задействовала все возможные способы: в 2012 г. выросли поставки газа и на переработку на ГПЗ, и на собственные нужды, и на объекты промысловой энергетики. А достаточно стабильная поквартальная статисти-

Факельное сжиганиеПНГ по компаниям, млн м^3

Регион	III кв. 2012 г.	IV кв. 2012 г.	Изменение, %	2011 г.	2012 г.	Изменение
Роснефть	1935	1959	1	6807	7566	11
ТНК-ВР Холдинг	783	548	–30	2378	2574	8
Газпром нефть	623	442	–29	1854	2182	18
Прочие производители	450	436	–3	1674	1662	–1
Лукойл	309	283	–8	1944	1175	–40
РуссНефть	172	112	–35	639	521	–18
СРП	99	92	–8	394	436	11
Славнефть	80	69	–14	287	289	1
Газпром	74	105	41	281	258	–8
Башнефть	42	22	–48	90	128	43
Сургутнефтегаз	35	24	–33	289	98	–66
Татнефть	14	12	–11	50	50	1



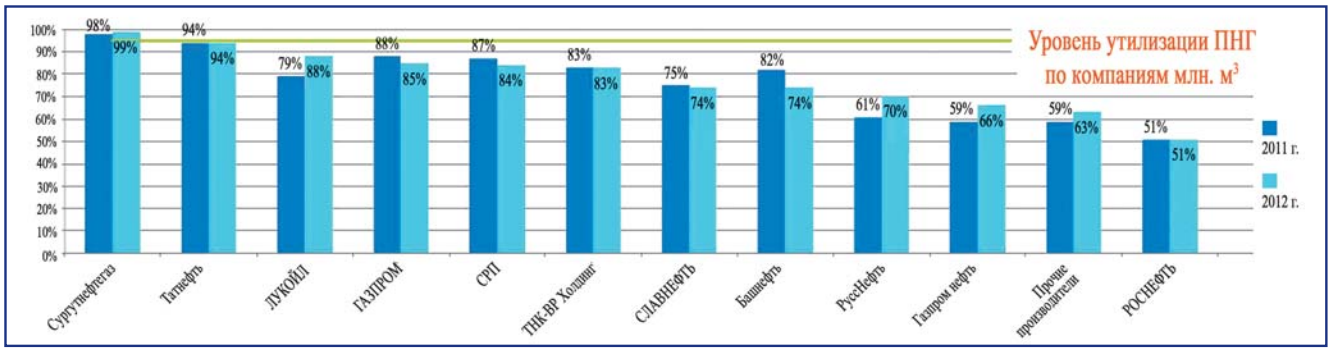
ка по объемам сжигания свидетельствует о том, что "Лукойл" заблаговременно и планомерно двигался к снижению сжигания ПНГ.

Высокий относительный результат "Сургутнефтегаза" –66 %, который "проблему 95 %" решил, даже несмотря на незначительность абсолютных объемов (сжигание сократилось с 289 млн до 98 млн м^3), смотрится весьма впечатляюще: компания продолжает инвестировать в проекты полезного использования ПНГ даже после преодоления "нормативной" планки. Сама же величина в 98 млн м^3 удивляет: как "Сургутнефтегазу" удается выполнять протяженные плановые остановки потребляющих объектов (то есть газ на них в эти периоды не поступает) при таких низких объемах технологического сжигания? Остается предполагать только наличие дублирующей инфраструктуры и резервных мощностей по приему газа с останавливающихся объектов.

Из позитивных факторов можно также отметить неплохие результаты независимых недропользователей, которые на фоне роста производства ПНГ в 10 % сумели удержать уровень сжигания газа на факелах.

В целом по России в 2012 г. средний уровень полезного использования попутного газа составил 75,5 %. Это лишь на 0,3 % выше, чем в 2011 г. Положительную динамику продемонстрировали "Сургутнефтегаз" (+1 %), "Лукойл" (+11 %), "РуссНефть" (+14 %), "Газпром нефть" (+12 %) и независимые недропользователи (+7 %). "РуссНефть" в 2012 г. на фоне достаточно стабильных показателей по производству ресурса сумела нарастить поставку ПНГ на переработку. Номинальная стабильность по уровню утилизации наблюдается у "Татнефти" и "Славнефти". Результат последней выглядит при этом достаточно слабым, потому что производство газа этой компанией не выросло в 2012 г., то есть серьезных прорывов по его полезному использованию сделано не было.

Тенденция резкого роста уровня утилизации в IV кв. характерна для всех крупных недрополь-



зователей, за исключением "Газпрома" и "Роснефти". У газового концерна по итогам года уровень утилизации сократился на 3 % – до 85 %, а в IV кв. упал на 8 %. У "Роснефти" же по итогам года уровень утилизации остался на прежнем, минимальном из всех уровней – 51 %. Очевидно, значительные усилия госкомпании в Западной Сибири на месторождениях "Юганскнефтегаза" и "Пурнефтегаза" в общей статистике теряются на фоне стремительного роста производства ПНГ в Восточной Сибири, а что делать с ним там, пока не совсем ясно.

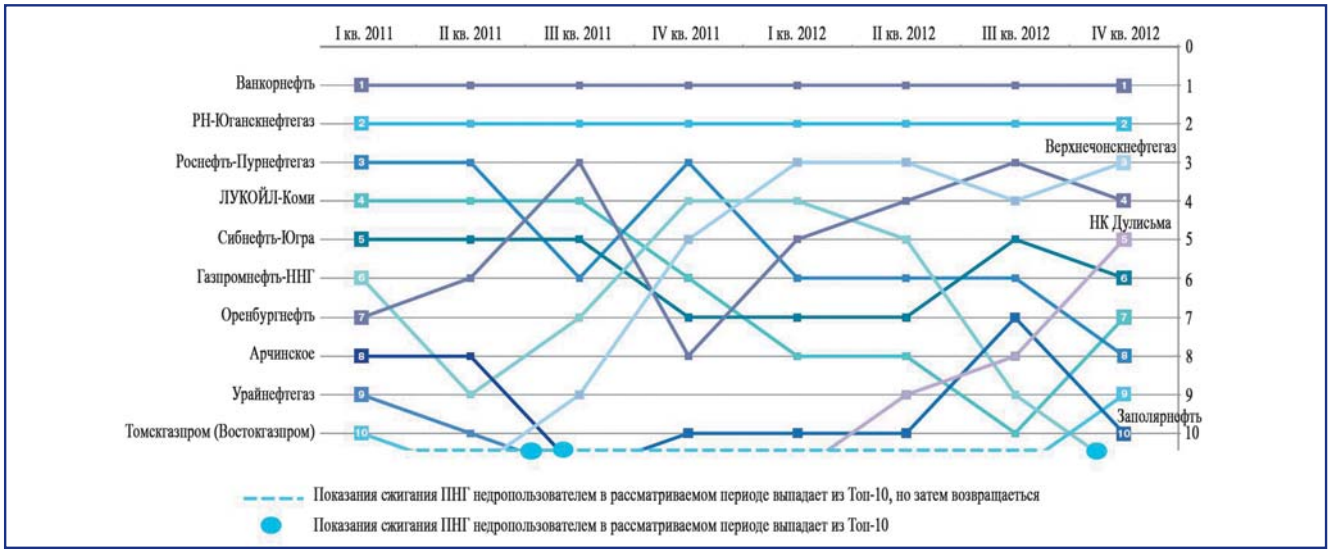
Значительный отрицательный результат "Башнефти" (–9 %) также связан с началом в 2012 г. производства ПНГ на новых промыслах, на которых отсутствуют возможности полезного использования газа.

3. Рейтинг недропользователей

В заключение обзора представляем вашему вниманию рейтинг Топ-10 недропользователей, которые в 2011–2012 гг. лидировали по объемам факельного сжигания ПНГ.

Неизменные первые места на протяжении восьми последних кварталов занимают подразделения "Роснефти" – "Ванкорнефть" и "Юганскнефтегаз". Такое положение вещей объясняется тем, что "Ванкорнефть" оперирует на одноименном месторождении в Восточной Сибири, где добыча нефти стремительно растет, но полное отсутствие инфраструктуры не позволяет эффективно решать проблему с попутным нефтяным газом. Что касается "Юганскнефтегаза", то здесь, несмотря на определенные мероприятия по повышению уровня утилизации, сам объем добычи попутного газа очень велик, а потому объемы факельного сжигания также велики. При этом уровень полезного использования ПНГ у "Юганскнефтегаза" в IV кв. 2012 г. составил достаточно высокие 75 %.

"Верхнечонскнефтегаз" (ВЧНГ) – совместное предприятие ТНК-ВР и "Роснефти", разрабатывающее одноименное месторождение в Иркутской области. В IV кв. 2012 г. ВЧНГ вышел на 3-е место по объемам сжигания ПНГ. Это связано с активным ростом добычи сырья на месторождении, что подтверждается графиком увеличения объемов сжигания. Пока комплексных решений по утилизации газа на промысле нет, но в ближайших планах компании – развитие системы закачки попутного газа в пласт. Кроме того, с принятием инвестиционного решения по освоению Чаяндинских месторождений "Газпро-



мом" не исключается возможность поставок ПНГ с Верхней Чоны в газопроводную систему, которую "Газпром" намерен провести от Чаянды на Дальний Восток.

Еще одно подразделение "Роснефти" "РН-Пурнефтегаз" за восемь кварталов переместился с 3-го места на 8-е. Сокращение объемов факельного сжигания ПНГ за этот период можно связать с началом поставок ПНГ напрямую в газотранспортную систему.

"Лукойл-Коми" в I кв. 2011 г. занимало 4-е место, а в IV кв. 2012 г. – только 7-е. Впрочем, никаких заметных событий на месторождениях компании не происходило, перемещение же в рейтинге связано с тем, что факельное сжигание "Лукойл-Коми" оставалось примерно стабильным на фоне колебаний объемов соседей по рейтингу.

"Сибнефть-Югра" – подразделение "Газпром нефти" в ХМАО, держатель лицензии на ЮЛТ Приобского месторождения. За 8 рассматриваемых кварталов факельное сжигание на промысле хоть и возросло вслед за нефтедобычей и приростом производства ПНГ, но по темпам отстало от соседей по рейтингу. Поэтому положение "Сибнефть-Югры" колебалось вокруг 6-го места. Перспективы сокращения факельного сжигания связаны с запуском в 2013 г. компрессорной станции для подачи ПНГ на Южно-Балыкский ГПК.

"Газпром нефть – Ноябрьскнефтегаз" – основное добывающее подразделение компании в ЯНАО. В I кв. 2011 г. предприятие занимало 6-е место в нашем рейтинге, но к IV кв. 2012 г. покинуло его. Рост объемов сжигания ПНГ к концу 2011 г. связан с ростом его производства вслед за развитием нефтедобычи при постоянстве утилизации. Резкое же сокращение в 2012 г. связано с поэтапным завершением мероприятий в рамках фазы 1-го Ноябрьского интегрированного проекта, направленного на увеличение полезного использования ПНГ на месторождениях Вынгапуровской группы (Вынгапуровское, Ярайнерское, Вынгаяхинское, Еты-Пуровское, Новогоднее, из них к "Ноябрьскнефтегазу" относятся Еты-Пуровское и Вынгаяхинское), в рамках которого в числе прочего увеличена поставка ранее сжигавшегося газа на Вынгапуровский ГПЗ СИБУРа.

"Оренбургнефть" (ТНК-ВР) в I кв. 2011 г. занимала 7-е место в Топ-10 недропользователей по объемам сжигания, а к IV кв. 2012 г. переместилась на 4-е место. Причиной этому стало активное наращивание производства ПНГ вслед за нефтедобычей при отставании реализации мероприятий по его полезному использованию.

Выход за рамки Топ-10 предприятия "Арчинское" ("Газпром нефть", Томская область) связан со значительным сокращением производства ПНГ на промысле.

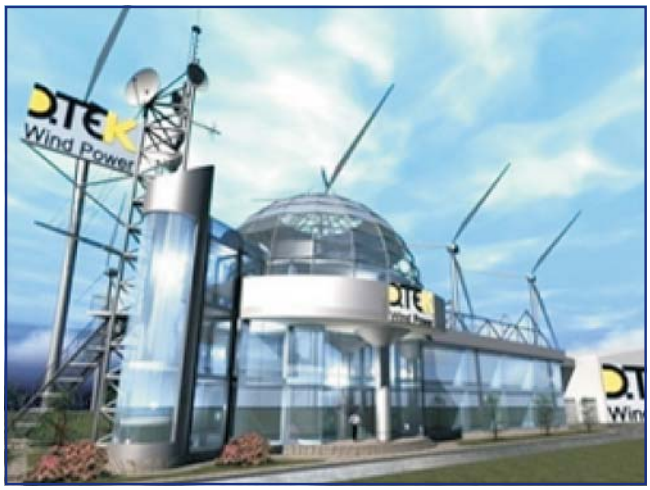
Выход за рамки Топ-10 "Урайнефтегаза" ("Лукойл", запад ХМАО) связан с сокращением объемов сжигания вслед за ростом поставок газа на "Няганьгазпереработку" и завершением к январю 2012 г. реконструкции Северо-Даниловской КС при примерно стабильном уровне добычи ПНГ.

"Заполярнефть" – добывающее подразделение "Газпром нефть" в ЯНАО. До IV кв. 2011 г. не попадало в Топ-10 по объемам сжигания, однако активное развитие нефтедобычи на месторождениях предприятия вместе с ростом производства газа и как следствие объемов сжигания вывело "Заполярнефть" на 7-е место в III кв. 2012 г. После этого последовало резкое сокращение объемов сжигания, что связано с пуском объектов в рамках ранее упомянутой 1-й фазы Ноябрьского интегрированного проекта, которые охватывают 5 месторождений, 3 из которых эксплуатируются "Заполярнефтью" – крупнейшее в группе Вынгапуровское (с Северо-Вынгапуровским), Ярайнерское и Новогоднее.

Попадание в Топ-10 НК "Дулисьма" (север Иркутской области, независимый производитель) на 9-е место в II кв. 2012 г. связано с ростом добычи ПНГ на промыслах при практически полном отсутствии своевременных решений по его утилизации. С II по IV кв. объемы сжигания ПНГ компанией выросли с 117 млн до 181 млн м^3, что вывело НК "Дулисьма" на 5-е место в конце 2012 г.

"Томскгазпром" (оперирует в том числе на нефтяных месторождениях) в самом начале 2011 г. покинул рейтинг за счет сокращения производства ПНГ и, соответственно, факельного сжигания. Однако в 2012 г. объем добычи ресурса вырос относительно 2011 г. на 58 % за счет активного эксплуатационного бурения – в среднем около 50 новых скважин в год. При неизменных возможностях предприятия по полезному использованию ПНГ уровень его сжигания увеличился, с чем и связан возврат "Томскгазпрома" в наш рейтинг на 9-е место в IV кв. 2012 г.

ДВА ПРОЕКТА ВЕТРОПАРКОВ В ЗАПОРОЖСКОЙ И ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТЯХ



Первая очередь Ботиевской ВЭС входит в ТОП-20 крупнейших ветроэлектростанций Центральной и Восточной Европы. Строительство станции началось в июле 2011 г., к концу 2012 г. были установлены все тридцать ветротурбин первой очереди.

Сделка по привлечению кредита для строительства первой очереди Ботиевской ветряной электростанции (ООО "Винд Пауэр", ДТЭК) названа "Сделкой года – 2012" в номинации "Привлечение финансирования при поддержке ЭКА" по версии лондонского издания Euromoney's Trade Finance magazine. Сделка также вошла в число Best Deals of 2012 по мнению издания Global Trade review magazine (Лондон).

Кредит для строительства первого этапа крупнейшей ВЭС в Украине в сумме 107 млн евро был предоставлен Landesbank Berlin (Германия) с покрытием рисков EKF (Экспортно-кредитное агентство Дании), страны-производителя ветряных турбин первой очереди Vestas. Локальная часть контракта на установку и монтаж ветротурбин была покрыта аккредитивом, выпущенным ПАО "Укрсоцбанк", UniCredit Bank.

Гарантами и поручителями по сделке выступили предприятия группы ДТЭК. Срок кредитования составляет 10 лет с льготным периодом – один год на доставку и установку ветротурбин. Всего в первой очереди Ботиевской ВЭС было установлено 30 ветротурбин Vestas V112-3,0 MW.

Комплексная транзакция такого масштаба стала первой для Украины в сфере альтернативной энергетики, а также одной из крупнейших долгосрочных инвестиций в частный бизнес в энергетическом секторе страны. Комплексный характер сделки обусловлен вовлечением, помимо лидирующего экспортно-кредитного агентства Дании (EKF), ЭКА Германии (Euler Hermes) и частной страховой компании Zurich. Это позволило реализовать кредитную сделку, несмотря на высокие страновые риски Украины.

ООО "Винд Пауэр" – дочерняя компания ДТЭК. Координирует деятельность ДТЭК в сфере ветроэнергетики. Текущий портфель проектов Винд Пауэр в Запорожской и Донецкой областях включает два ветропарка общей номинальной мощностью около 1 200 МВт.

Ветропарк в Запорожской области – "ДТЭК Приазовский" включает Бердянскую ВЭС (150 МВт), Приморскую ВЭС (200 МВт), на территории которых осуществляется строительство объектов сбора мощности и Ботиевскую ВЭС, проектной мощностью 200 МВт. После завершения строительства, Ботиевская ВЭС станет самой мощной и самой современной ветроэлектростанцией Украины. Полный ввод в эксплуатацию трех станций ветропарка в Запорожской области ожидается до конца 2016 г.

На территории ветропарка "ДТЭК Мангуш" в Донецкой области продолжаются работы по ветромониторингу и девелопменту.

EnergyLand.info

ИННОВАЦИОННЫЙ MITSUBISHI I-MIEV

Современный городской легковой электромобиль – современный ответ на острые вопросы и нерешаемые проблемы. Его вредные выбросы равны нулю! Он не производит их ни при пуске и прогреве, ни при медленном движении в пробках, ни при разгоне и торможении. Даже с учетом выбросов электростанций, поставляющих ему энергию, он примерно на 60 % экологичнее автомобиля с двигателем внутреннего сгорания сопоставимой мощности.

Каждый электромобиль и, соответственно, каждый владелец электромобиля, делает маленький вклад в огромное дело – защиту чистоты окружающей среды.

К тому же электромобиль "потребляет" гораздо меньше различных технических жидкостей и расходных материалов. Он не требует периодической замены нескольких литров моторного масла, ему не нужны масляные фильтры. Его владелец не озабочен проблемой, утилизацией отработанного масла и загрязненных фильтров.

В феврале 2012 г. "РОЛЬФ Импорт" объявил о начале масштабной региональной экспансии электромобиля Mitsubishi i-MiEV. Согласно планам компании, до конца 2012 г. Mitsubishi i-MiEV был представлен в большей части дилерской сети "РОЛЬФ Импорт" по всей России.

На сегодняшний день с электромобилем уже знакомы в 18 российских городах (Екатеринбург, Казань, Москва, Ростов-на-Дону, Санкт-Петербург, Сочи, Тула, Новосибирск, Барнаул, Нижний Новгород, Ставрополь, Уфа, Волгоград, Белгород, Калуга, Краснодар, Рязань, Тюмень).

Компактный, округлый, юркий он напоминает деловитого муравья, снующего по запутанным маршрутам гигантского муравейника. Пожалуй, на него не сразу обратишь внимание – особенно при отсутствии аэрографических рисунков, свидетельствующих о том, что перед Вами – электромобиль, транспортное средство будущего.

И только случайно заметив, что этот "муравей" передвигается совершенно бесшумно, Вы невольно обернетесь в его сторону. И увидите, что он по-своему красив, изящен, дизайнерски выверен и максимально функционален для своего назначения. Ведь он "вписан" в один объем, а значит, это мини-минивэн, значит, он вместителен, несмотря на компактность.

Председатель Подкомитета по стратегическим инновациям в автомобильной сфере ТПП РФ, главный исполнительный директор компании "РОЛЬФ Импорт" Андрей Панков отмечает очевидную динамику развития этого сегмента в России: "Если еще вчера никто даже всерьез не обсуждал возможности этого явления в нашей нефтедобывающей стране, то уже сегодня мы видим все необходимые составляющие для его становления – появились первые электромобили, начал формироваться пул покупателей, активно двигается пилотный проект по созданию инфраструктуры для зарядки электромобилей, а государство, в свою очередь, благосклонно относится к нашим инициативам по созданию льготных условий для стимулирования этого рынка. Нам вдвойне приятно сознавать, что наш электромобиль на дорогах России сегодня – знак того, что этот шаг Россия делает одновременно с ведущими мировыми державами".

К 2015 г. Mitsubishi Motors Corporation планирует выпустить еще семь моделей электромобилей, в том числе с увеличенным запасом хода.

Электромобиль – транспортное средство будущего

По прогнозам мировых экспертов, к 2020 г. доля электротранспорта может достигнуть 5...10 % от общего числа автомобилей в мире, а ежегодный объем продаж электромобилей к 2020 г. достигнет 7 млн. По данным Международного энергетического агентства в 2012 г. объем продаж электрокаров не превысит 500 тыс. машин. В то же время, с учетом заявленных планов развития электротранспорта, общемировой объем продаж электромобилей к 2014 г. должен превысить один миллион единиц, а в дальнейшем удваиваться каждые два года.

Для Евросоюза электромобили сегодня – это вопрос энергетической безопасности и противодейст-

вия климатическим изменениям. Сегодня 25 % углекислого газа (CO_2) на территории ЕС – это выбросы автотранспорта. По прогнозам ООН к 2030 г. общемировой автопарк вырастет вдвое – с 800 млн до 1,6 млрд транспортных средств, что еще сильнее спровоцирует климатические изменения.

В Японии к 2020 г. электромобили будут составлять 50 % от общей доли новых проданных машин. В США планируют увеличить парк автомобилей на электротяге к 2015 г. до 1 млн шт., Франция к 2020 г. планирует увеличить количество электромобилей до 2 млн шт. Но больше всего электромобилей будет в Китае – 5 млн шт. к 2020 г.

В европейской экономической политике вопрос о развитии рынка электрических транспортных средств входит в число трех приоритетных проектов в "Плане восстановления европейской экономики". Все европейские страны предусматривают бюджетное финансирование программ по инвестированию в электромобильные проекты, в перечне европейских мер по стимулированию продаж электромобилей – государственные субсидии на приобретение, обнуление или снижение ввозных пошлин, отмена транспортного и регистрационного налогов. Также в европейских странах применяются немонетарные льготы: возможность бесплатного проезда по платным дорогам, езды по выделенной полосе для общественного транспорта и бесплатной парковки.

Большое внимание в ЕС уделяется развитию инфраструктуры – только во Франции к 2020 г. откроется 400 тыс. зарядных терминалов для электромобилей. С 2012 г. все новые здания во Франции строятся с учетом необходимости оснащения заправочными станциями.

В России энергоэффективность и бережное отношение к ресурсам, и решение экологических проблем также объявлены приоритетом государственной политики. По данным Министерства природных ресурсов и экологии, в крупных российских городах вредные выбросы автомобильного транспорта составляют до 80 % загрязнения от общего объема загрязнения, а в масштабах страны эта цифра составляет 42 %. Россия практически единственная страна, где вредные выбросы от транспорта превышают выбросы от промышленных предприятий.

Правительству дано поручение разработать программу государственного стимулирования поэтапной замены муниципального автотранспорта электромобилями и гибридами, а также создать условия для расширения сети заправок автомобильного транспорта, работающего на альтернативном топливе.

В России старт развитию заправочной инфраструктуры для электротранспорта дан в 2012 г. открытием первой очереди сети зарядных станций для электромобилей в рамках реализации пилотного проекта "МОЭСК-EV". В сети работают 25 зарядных станций переменного тока и 3 станции экспресс-зарядки постоянного тока стандарта CHAdeMO, объединенных в сеть. Всего в Москве и Подмосковье насчитывается 43 зарядных станции. Стоимость "полного бака" Mitsubishi 1-MiEV составляет порядка 11 руб. Станции устанавливаются на объектах партнеров проекта, в том числе возле официальных дилерских центров Mitsubishi Motors.

В августе прошлого года были первые станции. Дальнейшее развитие инфраструктуры на региональном уровне будет способствовать увеличению спроса на электромобили в масштабах всей страны. Ожидается, что в ближайшей перспективе построением инфраструктуры для электротранспорта на основе отечественных разработок займется МосГорТранс.

"РОЛЬФ Импорт" выступил инициатором внедрения в России мер господдержки развития электротранспорта. Подкомиссия Правительства РФ по таможенно-тарифному и нетарифному регулированию, защитным мерам во внешней торговле под председательством В.А. Зубкова в ноябре 2011 г. одобрила предложение "РОЛЬФ Импорт" о снижении ввозных пошлин на электромобили сроком на один год для ускоренного развития рынка электротранспорта в России и создании благоприятных возможностей для локального производства электромобилей в нашей стране.

Сейчас это решение рассматривается на уровне Евразийской экономической комиссии для применения в рамках Таможенного союза России, Казахстана, Беларуси. В случае положительного решения можно будет говорить о заметном снижении цены на электромобили, в стоимости которого 20 % – это таможенные пошлины. Как следствие – повышение спроса и новый импульс развития электротранспорта в России.

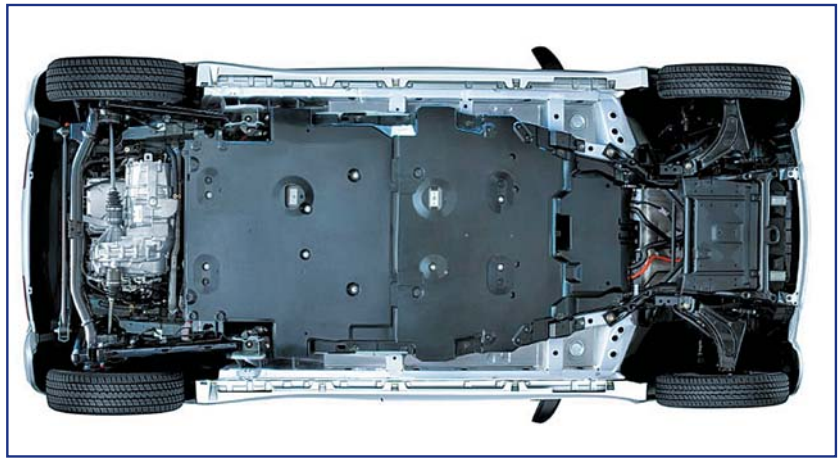
Есть отличный пример – Калужская область отменила для покупателей электромобилей транспортный налог и стала первым регионом в России, предоставившим льготы для покупателей электромобилей.

Однако электромобиль – это не космический корабль и не компьютер на колесах. Для управления им не понадобится освоение новой специальности и даже заучивание многочисленных пунктов инструкции толщиной с учебник по сопромату.

Инженеры, проектировщики и дизайнеры Mitsubishi сделали все, чтобы переход владельцев из бензиново-дизельного прошлого в экологически чистое электрическое будущее был логичным, интуитивно понятным и практически незаметным.

Синхронный электромотор с постоянным магнитом

I-MiEV оснащается высокопроизводительным, компактным и легким синхронным электромотором с постоянным магнитом. Его конструкция отличается магнитом с редкоземельным металлом неодимом и оптимизированным фазным ротором. Конструкция синхронного электромотора с постоянным магнитом



разработана сравнительно недавно – в середине 1990-х гг. Сила его магнитного поля значительно превосходит силу магнитного поля ферритовых магнитов, которыми обычно оснащаются электромоторы. Благодаря новой технологии электромотор получается более компактным и производительным. Он удачно вписывается в конструкцию электромобиля и обеспечивает большую движущую силу. Максимальная частота вращения электромотора i-MiEV составляет 8500 об/мин, он развивает 49 кВт мощности при 2500...8000 об/мин.

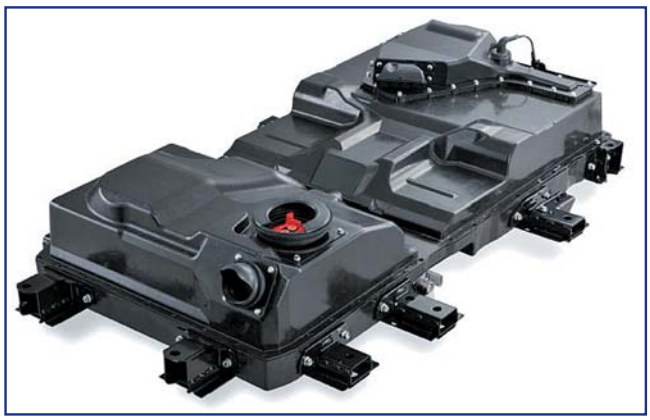
Основная особенность электромотора – развитие высокого крутящего момента при низкой частоте вращения: 180 Н·м в диапазоне 0...2000 об/мин. При замедлении автомобиля, что аналогично торможению двигателем, электромотор развивает тормозной крутящий момент, в результате чего задействуется функция рекуперативного торможения. В этой ситуации электромотор выполняет функцию генератора, вырабатывая электроэнергию, которая накапливается тяговой аккумуляторной батареей.

Компоновка элементов электромобиля

Электромобиль i-MiEV создан на базе мини-кара "i" с двойным полом в задней части, но вместо топливного бака под полом располагается комплект литиево-ионных элементов аккумуляторной батареи, а место двигателя и коробки передач заняли электромотор, трансмиссия, инвертор и бортовое зарядное устройство. Конструкторам также удалось сохранить потрясающую функциональность и комфортабельность модели "i" – просторный салон способен вместить четырех пассажиров, при этом остается еще место для багажа.

Тяговая аккумуляторная батарея

Питание электромотора электромобиля i-MiEV осуществляется литиевоионной аккумуляторной батареей большой емкости. Батарея состоит из модулей, каждый из которых включает в себя 4 или 8 элементов, соединенных параллельно. Напряжение каждого элемента составляет 3,7 В/50 А·ч. Тяговая аккумуляторная батарея питает не только электромотор, но и систему кондиционирования, а также заряжает вспомогательную аккумуляторную батарею. Батарея отличается высокопрочной конструкцией из стеклопластика, усиленного стальными пластинами. Конструкция получается водонепроницаемой, что обеспечивает высокий уровень защиты расположенных внутри модулей. Высоковольтная система, включающая аккумуляторную батарею, расположена под полом в каркасе кузова. Дополнительная защита обеспечивается несущей рамой и нижним защитным щитком, который предохраняет батарею от повреждений в случае столкновения или воздействия неровностей дороги.



Рейтинг "4 звезды" стал подтверждением отличной работы всех систем безопасности. Согласно заключению специалистов, "никаких проблем с электрической системой автомобиля замечено не было, батарея осталась неповрежденной". "Результаты теста наглядно показывают, что технологии, обеспечивающие нулевые показатели выброса вредных веществ в атмосферу, не помеха высокому уровню безопасности", – подчеркнули представители Euro NCAP.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВТОПРОБЕГ ДОСААФ

Д.Л. Ожегов, гл.специалист по маркетингу направления ГБО ООО "РариТЭК"

В центре Москвы на Васильевском спуске в преддверии Дня Победы стартовал международный военно-патриотический автопробег "В судьбе России – моя судьба!", посвященный 70-летию Сталинградской битвы и 100-летию со дня рождения прославленного летчика-истребителя, первого трижды Героя Советского Союза, маршала авиации Александра Покрышкина. Организаторами многодневного турне выступили ДОСААФ России и Министерство спорта при поддержке правительства РФ и коммерческого банка "Агросоюз".

Известные политические деятели и чиновники, ветераны и военнослужащие, казаки и молодежь собрались вместе, чтобы принять участие в митинге, посвященном этому событию и дать старт колонне легковых автомобилей ДОСААФ, газомоторных КАМАЗов, мотоциклов байкерского клуба "Ночные волки" и ретро-автомобилей. В автопробеге приняли участие несколько экипажей из Белоруссии и Украины, которые доставили в Москву капсулы со священной землей из городов-героев Киева, Минска и Бреста.

По маршруту колонны обозначены город Орел, Курск, Ростов-на-Дону, Самара, ..., Екатеринбург, ... и другие города до Владивостока. Одной из ключевых остановок "западной колонны" автопробега был город-герой Волгоград (Сталинград).

В каждом городе-участнике автопробега проходили выставки как автотехники военных лет, так и современных легковых и грузовых автомобилей, в том числе и производства ОАО "КАМАЗ", работающей на компримированном природном газе. Это самосвал КАМАЗ-6520-35, тягач седельный КАМАЗ-65116-34 и пригородный автобус НЕФАЗ-5299-11-31.

Участники автопробега посетили Набережные Челны и встретились со спортсменами легендарной команды "КАМАЗ-Мастер".

Автотехника на газу двигалась впереди колонны и являлась ориентиром для других участников автопробега. Выхлопы газомоторной автотехники КАМАЗ соответствуют экологическим стандартам ЕВРО-4 и тем самым не выделяют вредных веществ и не создают неудобств при движении за данной техникой.

"Восточная" часть автопробега "В судьбе России – моя судьба!" завершила свой путь 8 мая во Владивостоке.

Задача данного автопробега – пронести реликвии нашей страны – Знамя Победы и капсулы со священной землей из городов-героев Великой Отечественной войны до Владивостока выполнена. И цель его – напомнить жителям всей России о великих подвигах советских солдат, которые рисковали здоровьем и жизнью во имя нашего благополучия.

АВТОБУСЫ В Санкт-Петербурге начнут переводить на газ

На базе автобусных парков, расположенных на улицах Хрустальная и Гусарская, будет реализован проект по переводу автобусов на газомоторное топливо.

В Санкт-Петербурге председатель совета директоров ОАО "Газпром", председатель правления и генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Виктор Зубков и Губернатор Санкт-Петербурга Георгий Полтавченко провели совещание, посвященное перспективам сотрудничества в рамках расширения использования газомоторного топлива.

По итогам совещания были приняты решения по развитию рынка газомоторного топлива в Санкт-Петербурге.

В частности, будет подготовлен план газификации пассажирского транспорта, коммунальной и спецтехники города на 2013–2020 гг.

"Газпром газомоторное топливо" и правительство Санкт-Петербурга разработают совместную программу по расширению использования газомоторного топлива. Документ будет предусматривать обязательства компании по развитию сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. В свою очередь, правительство города обеспечит создание благоприятных условий для расширения использования газомоторного топлива, в частности, газификацию автотранспорта в муниципальных организациях и на предприятиях, осуществляющих государственный заказ.

На базе автобусных парков, расположенных на улицах Хрустальная и Гусарская, будет реализован проект по переводу автобусов на газомоторное топливо. Площадки выбраны с учетом актуальности внедрения экологически чистого транспорта: один автобусный парк располагается в центральной части города, другой – в пригороде Санкт-Петербурга, включенном в список памятников, охраняемых ЮНЕСКО.

Кроме того, за счет бюджетных средств планируется приобрести газовые автобусы для автобусного парка № 7 ГУП "Пассажиравтотранс", расположенного в Московском районе.

ООО "Газпром газомоторное топливо" – специализированная дочерняя компания ОАО "Газпром", созданная в 2012 г. для повышения эффективности реализации стратегии "Газпрома" в области развития газомоторного рынка.

Санкт-Петербург включен в список субъектов РФ, на территории которых планируется реализация проектов "Газпрома" по переводу транспорта на газомоторное топливо.

Более 70 % населения города пользуются общественным транспортом. Вместе с тем удорожание топлива является одним из основных факторов, стимулирующих рост тарифов на пассажирские перевозки. Кроме того, автотранспорт, работающий на традиционном топливе, является главным источником загрязнения воздуха в больших городах. Неблагоприятная экология негативно сказывается на состоянии здоровья горожан и наносит ущерб памятникам архитектуры.

"ГАЗПРОМ" увеличит производство малотоннажного СПГ на территории России

Совет директоров ОАО «Газпром» принял к сведению информацию о ходе подготовки предложений по актуализации стратегии компании в области производства и поставок сжиженного природного газа (СПГ).

Стратегия ОАО «Газпром» в области производства и поставок сжиженного природного газа была принята в марте 2008 г. В октябре 2012 г. совет директоров принял решение об актуализации данного документа.

За прошедший пятилетний период ОАО «Газпром» существенно укрепило свои позиции в сегменте производства и реализации СПГ.

ОАО "Газпром" владеет долей 50 % плюс одна акция в акционерном капитале проекта "Сахалин-2". Номинальная мощность завода по производству СПГ – 9,55 млн т в год, вместе с тем в 2012 г. завод произвел 10,9 млн т СПГ.

Кроме того, предприятие Группы "Газпром" компания Gazprom Marketing and Trading успешно выполняет задачи как по реализации российского СПГ за рубежом, так и по торговле сжиженным природным газом из третьих стран.

В то же время "Газпром" нацелен на ускоренную реализацию новых СПГ-проектов, призванных сохранить или увеличить долю компании на мировом газовом рынке.

В феврале 2013 г. "Газпром" принял окончательное инвестиционное решение по проекту "Владивосток-СПГ". В марте 2013 г. были утверждены план мероприятий по реализации проекта строительства завода СПГ и план работ по подготовке ресурсной базы для проекта.

Кроме того, "Газпром" рассматривает возможность расширения проекта "Сахалин-2" и реализации Штокмановского СПГ-проекта.

"Газпром" также будет увеличивать производство малотоннажного СПГ на территории России.

EnergyLand.info