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

№ 11 (80) 2013 г. **Издается с января 2002 г.** **Периодичность – ежемесячно**

Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

СОДЕРЖАНИЕ

Артамонов Е.А., Щанкина В.Г., Львов М.В., Кочеткова И.В., Панин А.А., Завьялов В.И.
Экологические особенности перехода газообразных энергоносителей на синтетическое топливо . . . 3

Грязнов К.О., Ермолаев В.С., Митберг Э.Б., Мордкович В.З., Третьяков В.Ф.
Теоретическое и экспериментальное исследование конверсии CO и селективности по жидким углеводородам при масштабировании процесса Фишера-Тропша на гранулированном кобальтовом катализаторе . . . 10

Кирчевская Е.В., Панова С.А.
Техническое регулирование как инструмент повышения качества химической продукции . . . 18

Федорова Е.Б.
Подготовка кадров для индустрии СПГ . . . 20

Береснев М.А., Береснев А.Л.
Управление составом бинарного топлива для улучшения показателей ДВС . . . 24

Виктор Зубков: в ближайшие годы жители Ленинградской области смогут оценить преимущества газомоторного топлива . . . 29

Минский моторный завод изготовил первые образцы газодизельных двигателей . . . 30

Новгородские власти ускорят перевод автотехники на газ . . . 31

Ким А.А., Коротков М.В.
Нормативно-техническая и законодательная база использования СПГ в качестве моторного топлива . . . 31

Пронин Е.Н.
О применении СПГ на транспорте в разных странах . . . 34

Мировой рынок КПГ в марте 2013 года . . . 39

В 2017 году порт Сабетта начнет перевалку и отгрузку углеводородного сырья . . . 43

В Белгородской области состоялось открытие многотопливной автозаправочной станции . . . 44

Л.Д. Ожегов
"Весь общественный транспорт крупных городов РТ должен перейти на газомоторное топливо" – Р. Минниханов . . . 45

Газовые КАМАЗы на "КОМТРАНС-2013" . . . 47

Выставка "Энергетика. Энергосбережение", г. Ижевск . . . 48

Пятилетка Республики Татарстан . . . 49

Делегации компаний "Faber industre SpA" и "Мицуи энд Ко. Москоу" . . . 50

Минэнерго намерено создать карту развития возобновляемой энергетики в РФ . . . 51

Ассоциация энергетики в форме некоммерческого партнерства будет создана в России . . . 51

Чечня начинает активную эксплуатацию электромобилей . . . 52

Филиппов А.В., Шершнев О.В.
Нефть и газ – морское продолжение земной истории . . . 53

Учредитель –
ООО "Издательство Машиностроение"

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

Зам. главного редактора
Н.В. Нефёдова

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

Состав редакционного совета:
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 22.10.2013 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

№ 11 (80) 2013 г. **Published from January, 2002** **Periodicity – monthly**

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

CONTENTS

Artamonov E.A. Shchankina V. G., Lvov M.B., Kochetkova I.V., Panin A.A., Zavyalov V.I.
Ecological features of transition of gaseous energy carriers on synthetic fuel . . . 3
Gryaznov K.O., Yermolaev V.S., Mitberg E.B., Mordkovich V.Z., Tretjakov V.F.
Theoretical and pilot study of conversion WITH and selectivity on liquid hydrocarbons when scaling process of Fischer-Tropsha on the granulated cobalt catalyst . . . 10
Kirchevsky E.V., Panova S.A.
Technical regulation as instrument of improvement of quality of the chemical production . . . 18
Fedorova E.B.
Training for the LNG industry . . . 20
Beresnev M.A., Beresnev A.L.
Management of composition of binary fuel for improvement of indicators of DVS . . . 24
Victor Zubkov: in the next years inhabitants of the Leningrad region will be able to estimate advantages of gas motor fuel . . . 29
The Minsk motor plant made the first samples of gas-diesel engines . . . 30
The Novgorod authorities will accelerate transfer of automotive equipment to gas . . . 31
Kim A.A., Korotkov M.V.
Normative and technical and legislative base of use of LNG as motor fuel . . . 31
Pronin E.N.
About LNG application on transport in the different countries . . . 34
The world market of KPG in March, 2013 . . . 39
In 2017 port Sabetta will begin transfer and shipment of hydrocarbonic raw materials . . . 43
In the Belgorod region opening of multifuel gas station took place . . . 44
Ojegov L.D.
"All public transport of the large cities of RT has to pass to gas motor fuel" – R. Minnikhanov . . . 45
Gas KAMAZ on KOMTRANS-2013 . . . 47
Exhibition "Power. Energy saving", Izhevsk . . . 48
Five-years period of the Republic of Tatarstan . . . 49
Delegations of the companies "Faber industre SpA" and "Mitsui and To. Moskou". . . . 50
The Ministry of Energy intends to create the card of development of renewable power in the Russian Federation . . . 51
The power association in the form of non-profit partnership will be created in Russia this year . . . 51
Chechnya begins active operation of electric cars . . . 52
Filippov A.V. Shershnev O.V.
Oil and gas – sea continuation of terrestrial history . . . 53

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ГАЗООБРАЗНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА СИНТЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

Е.А. Артамонов, гл. инженер, заместитель гендиректора ОАО "Газпром Промгаз",
В.Г. Щанкина, аспирант, мл. научн. сотр. ООО "НИАП-КАТАЛИЗАТОР",
М.В. Львов, И.В. Кочеткова, А.А. Панин, ООО ПНТЦ "ЭОН",
В.И. Завьялов, ОАО "Газпром Промгаз"

Статья посвящена экологическим аспектам перехода от традиционного природного сырья к альтернативному. Авторы сделали попытку обобщить результаты, полученные оценкой экологического воздействия процесса "газ–жидкость", методом жизненного цикла продукта.

Ключевые слова: экологическое воздействие, альтернативное сырье.

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TRANSITION TO GASEOUS ENERGY SYNTHETIC FUELS

E.A. Artamonov, chief engineer, deputy general director of JSC "Gazprom Promgaz",
V.G. Shchankina, post-graduate student, junior researcher LLC "NIAP-Catalyst",
M.V. L'vov, I.V. Kochetkova, A.A. Panin, Ltd. PNTTS "EON",
V.I. Zav'yalov, OAO "Gazprom Promgaz"

The article is devoted to the environmental aspects of the transition from the traditional to the alternative of natural raw materials. The authors have attempted to summarize the results obtained with environmental impact assessment process "gas-liquid" method of product life cycle.

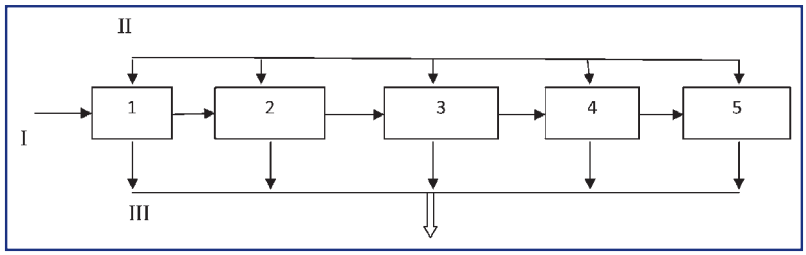
Keywords: environmental impact, alternative of natural raw materials.

Введение

В связи с перспективами истощения мировых нефтяных запасов, предсказанные геологическими прогнозами, и превышением газовых резервов по сравнению с нефтяными, постепенно выходит на первый план проблема перевода газообразных энергоносителей в жидкое топливо (проекты "газ–жидкость", GTL – gas to liquid). Реализация этих проектов позволит переработать природный газ в жидкое транспортное топливо, более адаптированное для современных технологий, чем газ. Особую привлекательность такие проекты имеют в случае использования в качестве сырья попутных нефтяных газов, выброс которых в атмосферу представляет собой не только потерю энергоносителей, но и вызывает парниковый эффект, в 21 раз более мощный, чем в случае сжигания углеводородов на факелах. В то же время производство и применение синтетических топлив может сопровождаться широким диапазоном потенциальных экологических воздействий на окружающую среду. Одновременно возрастает актуальность проблемы изменения климата, вызванная накоплением в атмосфере парниковых газов (CO_2, N_2O, CH_4, фторхлоруглероды и др.), происходящим, в основном, за счет антропогенной деятельности человека.

1. Индустриальная экология: понятие, цель, методы оценки воздействия на окружающую среду

Принцип устойчивого природопользования, как правило, осуществляется на базе модели, акцентирующей внимание на экологических последствиях функционирования промышленных объектов как и усилий по поиску возможностей сокращения вреда, наносимого окружающей среде. Поиск новых моделей организации производства привел к сравнительно новой модели "индустриальной экологической системы", основная идея которой определяется как создание структуры, основанной на кооперации ее составных элементов и заключающейся в использовании материальных отходов и энергии одних элементов в качестве ресурсов для других, чем достигается минимизация негативного экологического воздействия на окру-



Цепь ступеней жизненного цикла синтетических продуктов по Фишеру-Тропшу:
1 – производство синтез-газа; *2* – синтез Фишера-Тропша; *3* – разделение; *4* – транспортировка, распределение; *5* – транспортное средство; I – природный газ; II – дополнительные ресурсы; III – выбросы

жающую среду. При этом индустриальная экология (ИЭ) задается целью оптимизировать общий материальный цикл – от добычи природного сырья до производства, потребления и безопасной утилизации конечного продукта. Эта цепочка получила название экологического жизненного цикла продукта. Основной принцип ИЭ – создание экономических и промышленных систем по аналогии с естественными системами таким образом, чтобы количество производимых отходов и побочных продуктов уменьшилось, а экономическая эффективность увеличилась. При этом выходящие элементы одной системы или компании являются входящими для другой [1, 2].

Анализ жизненного цикла, экологический баланс или анализ от начала до конца (cradle-to-grave analysis) [3], является методом оценки воздействий на окружающую среду, связанный со всеми этапами жизненного цикла продукта, и позволяет избежать узкого взгляда на экологические проблемы, связанные с проведением инвентаризации материалов, энергии и выбросов в окружающую среду, с оценкой потенциальных негативных экологических воздействий и, наконец, интерпретацией результатов для принятия обоснованного решения [4].

Метод оценки "от скважины до колеса" (well-to-wheel) обычно используется для случая общего потребления энергии или эффективности ее использования, определяет выбросы транспортных средств (в том числе углекислого газа), а также используемое топливо [5–7]. Модель GREET (парниковые газы, регулируемые выбросы и использование энергии на транспорте) оценивает влияния новых видов топлива и транспортных технологий, а также последствия использования топлива, используя метод "well-to-wheel". Модель предоставляет сведения об использовании энергии, выбросах парниковых газов и шести загрязняющих веществах: летучие органические соединения (ЛОС), монооксида углерода (CO), оксиды азота (NO_x), твердых частиц размером менее 10 мкм, твердых частиц с размером менее 2,5 мкм и оксиды серы (SO_x) [8].

Анализ, представленный в статье, ограничивается воздушными выбросами, производимыми на протяжении всего жизненного цикла FT-топлива, и включает далеко не полный перечень всех выбросов, хотя может быть использован в качестве отправной точки для оценки данного способа производства топлива. Весовые коэффициенты для CH_4 и N_2O, используемые в расчетах в CO_2-эквивалентах, составляют 21 и 310, соответственно. Были составлены, где это возможно, выбросы загрязняющих веществ: CO, NO_x, SO_2, летучие органические соединения и твердые частицы [9–11].

Понятно, что парниковые выбросы, как и выбросы загрязняющих веществ, происходят на каждом этапе цепи жизненного цикла продукта. Одним из определяющих преимуществ производства синтетического топлива является возможность использования нескольких видов сырья (угля, газа или биомассы), что согласуется с концепцией устойчивого развития.

В данной работе рассматривается вариант получения синтетического топлива на основе природного газа метана CH_4, который может быть получен из газотранспортной системы или выделен из попутного газа, составы которых приводятся (табл. 1).

Поскольку выделение метана из попутного газа потребует энергетических затрат, то использование

Таблица 1

Состав природного и попутного газа

Компонент	Природный газ, % об.	Попутный газ, % об.
Метан	95,0	78,2
Этан	3,0	9,8
Пропан	0,5	6,0
Изобутан	0,1	0,6
н-Бутан	0,1	2,4
C_{5+}	0,1	1,5
CO_2	1,0	1,3
H_2S	–	–
N_2	0,2	0,2

*Состав примерный, зависит от месторождения.

такого вида сырья для синтеза Фишера-Тропша сопряжено с дополнительным количеством парниковых выбросов по сравнению с процессом на основе природного газа. Наибольший интерес в качестве целевых продуктов синтеза Фишера-Тропша представляют метанол, диметиловый эфир, дизельное или реактивное топливо, высокооктановый бензин, получаемые из синтез-газа.

2. Получение синтез-газа

Для процесса Фишера-Тропша синтез-газ получают риформингом природного газа. Применяют паровой риформинг (паровая конверсия), окислительный и риформинг в присутствии CO_2 (табл. 2).

Паровой риформинг (паровая конверсия) используется для получения водорода, для процесса синтеза аммиака по Фишеру-Тропшу получают газовую смесь с соотношением $H_2{:}N_2 = 3{:}1$. Для производства метанола и конверсии углеводородов требуется соотношение $H_2/CO = 2{:}1$, для этого проводят коррекцию снижением концентрации водорода с помощью реакции с водяным газом или автотермическим риформингом [12].

Окислительный риформинг (или автотермический риформинг) используется для регулировки H_2/CO соотношения, для этого применяют кислород или воздух с высоким содержанием кислорода с добавками водяного пара к сырью. Среди других процессов риформинга этот наиболее предпочтителен, так как является экзотермическим и приводит к синтез-газу с соотношением $H_2/CO = 2$, который подходит для последующего использования в синтезе Фишера-Тропша. Это отношение H_2/CO можно получить рециркуляцией CO_2 или богатого CO отходящим газом, а также за счет уменьшения количества водяного пара в сырье [13, 14].

Риформинг в присутствии CO_2. Этот процесс приводит к соотношению $H_2/CO = 1$, а максимальному выходу синтез-газа отвечает пропорция $CO_2/CH_4 = 1$. Конверсия метана и CO_2 увеличиваются с повышением температуры с помощью водяного пара. Экономические показатели процесса близки к показателям парового риформинга [15].

Таблица 2

Энтальпии (298 °C) и соотношения H_2/CO в процессах риформинга природного газа

№	Реакция	H_2/CO (моль)	ΔH кДж/моль
1	$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$	3	247
2	$CH_4 + 1/2\ O_2 = CO + 2H_2$	2	–36
3	$CH_4 + CO_2 = 2CO + 2\ H_2$	1	206
4	$CO + H_2O = CO_2 + H_2$	–	–47

Перечисленные разновидности риформинга метана содержат в синтез-газе значительное количество CO_2 и в этой связи являются источником парникового газа. По соображениям снижения теплового эффекта из существующих вариантов риформинга метана (с водяным паром, авторифоминг, в присутствии диоксида углерода) последний представляет наибольший интерес как компенсатор CO_2, однако менее всего подходящий для синтетической части процесса Фишера-Тропша, так как приводит к соотношению $H_2/CO \approx 1$ и способствует быстрому отложению кокса на поверхности катализатора. В этой связи большой интерес представляет так называемый тройной риформинг [16], суть которого состоит в следующем. В реакторе протекают реакции (основные):

$$CO_2 + CH_4 = 2CO + 2H_2, \quad (1)$$

$$H_2O + CH_4 = CO + 3H_2, \quad (2)$$

$$0{,}5\,O_2 + CH_4 = CO + 2H_2. \quad (3)$$

Тройной риформинг метана при 850 °C и 1 атм. на катализаторе Haldor-Topsoe R67 ($Ni/MgO-Al_2O_3$) приводит к следующим результатам: конверсии CH_4 – 96 %, CO_2 – 55 %; выход H_2 – 70 %, CO – 85 % [17]. Сообщается, что в данном процессе удается избежать коксообразования и получить требуемое соотношение H_2/CO. По уравнениям реакций видно, что состав исходных реагентов (H_2O, CO_2, O_2) близок к составу дымовых газов энергетических установок, что позволяет предположить их использование в качестве сырья. Поэтому такой вариант возможен только при использовании на теплоэлектростанциях кислорода или обогащенного им воздуха. Проблема состоит в присутствии в воздухе азота, а также NO_x и SO_x. Таким образом, происходит утилизация CO_2 без очистки и выделения, требуемые для традиционных методов захоронения. Поэтому, с точки зрения снижения выбросов парниковых газов, этот метод получения синтез-газа является предпочтительным.

3. Выбор основного продукта в процессе Фишера-Тропша

Выбор целевого продукта синтеза определяется экономическими и экологическими показателями.

3.1. ДМЭ (диметиловый эфир). Экологически безопасен, используется в качестве топлива, средства для получения аэрозоля. Первоначально относительно небольшое использование ДМЭ может трансформироваться в повышенный спрос на него в связи с возможностью использоваться в качестве альтернативного топлива в дизельных двигателях после их модификации. ДМЭ характеризуется высоким цетановым числом (55...60 против 40...55 для нефтяного дизельного топлива). При этом наблюдается снижение дымности и выбросов NO_x, при сохранении тепловой эффективности [18]. Кроме того, ДМЭ может быть легко сжижен при температуре окружающей среды и заменить сжиженный нефтяной газ. Получаемый на его основе бензин полностью удовлетворяет требованиям европейского стандарта. ДМЭ можно получить непосредственно по реакции Фишера-Тропша или через стадию образования метанола (способ более предпочтителен для коммерческих производств, так как позволяет реагировать на потребности рынка выпуском нужной продукции):

$$CO + 2H_2 = CH_3OH,\ \Delta H = 91\ кДж / моль, \quad (4)$$

$$2CH_3OH = CH_3OCH_3 + H_2O,\quad \Delta H = +23{,}5\ кДж / моль. \quad (5)$$

3.2. Метанол. Метанол – сырье для производства различных химических продуктов, таких как формальдегид, метиловые эфиры МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир) – оксигенат, добавляемый в бензин для повышения октанового числа и полноты сгорания в двигателе. Прогнозируется его использование в качестве альтернативы бензиновых и дизельных топлив [18]. Метанол получают по реакциям [19]:

$$CO + 2H_2 = CH_3OH,\ \Delta H = -91\ кДж / моль, \quad (6)$$

$$CO + 3H_2 = CH_3OH + H_2O,\quad \Delta H = -50\ кДж / моль. \quad (7)$$

3.3. Дизельное топливо. При низких ценах на нефть получать дизельное топливо ее дистилляцией было выгоднее, чем синтетическое топливо:

$$CO + 2H_2 = -CH_{2^-} + H_2O,\quad \Delta H = -165\ кДж / моль. \quad (8)$$

При текущей цене на нефть ситуация может поменяться в обратную сторону. Однако в настоящее время есть сообщения о повышении конкурентоспособности синтетического варианта. Не случайно несколько крупных нефтехимических компаний начали строительство в странах с природным газом заводов для получения дизельного топлива по Фишеру-Тропшу [20]. Существенным преимуществом синтетического (FT) дизельного топлива, по сравнению с традиционным, является отсутствие серы и минимальное количество ароматических углеводородов. Поскольку эти качества согласуются с современными экологическими требованиями по загрязнению воздуха на данный вид топлива, то спрос на FT-дизельное топливо со временем будет продолжать расти. Присутствие в топливе сернистых соединений приводило бы к образованию SO_2-соединений, способствующих протеканию коррозии, кислотным дождям, наличию твердых сульфатов. Для его получения применяют низкотемпературный синтез в реакторе с неподвижным слоем катализатора. Образующиеся побочные продукты требуют переработки в условиях каталитического гидрокрекинга в дизельное топливо. Продукт, полученный в реакторе с кипящим слоем катализатора, уступает по качеству, топливу, произведенному с использованием стационарного слоя катализатора. Таким образом, получают продукт, содержащий до 80 % дизельного топлива и 10 % мас. биоразлагаемым [22]. По сравнению с производством нефтяного дизельного топлива различных марок нафты. Производство FT-дизельного топлива не связано с образованием нежелательных побочных продуктов в отличие от производства топлива на НПЗ, которое сопряжено с одновременным образованием тяжелых нефтяных остатков и кокса [21]. При использовании FT-топлива в двигателях сокращаются выбросы всех основных загрязнителей, таких как SO_x, NO_x, твердых частиц и углеводородов. О чистоте FT-топлива можно судить потому, что оно является достаточно экологически нетоксичным и (в том числе с низким и ультранизким содержанием серы) FT-топливо не требует затрат на процессы обессеривания. Содержание в выхлопных газах твердых частиц и углеводородов понижается в ряду: нефтяное дизельное топливо > топливо с низким содержанием серы > топливо с ультранизким содержанием серы > FT-топливо. Низкое содержание серы повышает эффективность работы катализаторов окисления, ловушек твердых частиц, рециркуляцию выхлопных газов. Значительное преимущество FT-дизельного топлива состоит в том, что оно может быть использовано в существующей инфраструктуре заправки и в современных двигателях. Дизельные двигатели, использующие такие топлива, будут отвечать стандартам Евро-4. Производство FT-дизельного топлива более прибыльно и менее

затратно, а экономические показатели процесса Фишера-Тропша на основе природного газа, в зависимости от целевого продукта, снижаются в ряду: дизельное топливо > диметиловый эфир > метанол [23, 24].

3.4. Топливо для реактивных двигателей. Испытания синтетического реактивного топлива показали уменьшения выбросов твердых частиц на 96 % на холостом ходу и 78 % на крейсерском режиме. Одновременно, с непосредственным сокращением выбросов CO_2, само топливо менее плотное, чем нефтяное, и поэтому позволяет лететь на большее расстояние при том же расходе топлива [25]. Достигнуто первое разрешение на 100 % использование синтетического реактивного топлива [26] и осуществлены первые пассажирские коммерческие рейсы с использованием синтетического топлива [27].

Количество выбросов парниковых газов на стадии синтеза FT-топлива из попутного газа почти вдвое превышает уровень выбросов при использовании в качестве сырьевой базы природного газа [28]. Расчеты показывают, что производство синтетических топлив сопряжено с парниковыми выбросами в больших объемах, чем производство традиционного топлива на нефтяной основе. Поэтому при реализации процессов получения FT-топлива в долгосрочной перспективе стоит проблема эффективного захоронения (изъятия) углекислого газа.

4. Проблема эффективного захоронения CO_2 при получении FT-топлива

Сегодня улавливание CO_2 из газов его содержащих осуществляется аминоспиртами, хемосорбирующие его с образованием карбонатов по обратимым реакциям в непрерывной технологической схеме, что обеспечило процессу промышленное применение. Низкая концентрация диоксида углерода в исходном газе увеличивает размеры установки. Высокую концентрацию диоксида углерода получают процессами: постсжигания, предсжигания или окислительным сжиганием, с последующим выделением CO_2 физическими, химическими абсорбентами, твердыми адсорбентами или мембранами. Затраты на их реализацию (на примере теплоэлектростанций) соотносятся как 3/1,5/1 [29]. Поскольку абсорбент не обладает селективностью по отношению к CO_2, на выходе получают смесь кислых газов, из которой можно выделить CO_2 с помощью растворителя Selexol (диметиловый эфир диэтиленгликоля). Это звено жизненного цикла имеет много проблем и ждет своего решения. Учитывая огромные объемы CO_2, требование его долгосрочного хранения в течение нескольких сотен или тысяч лет с низкой стоимостью и минимальным воздействием на окружающую среду, проблема его захоронения не является простой. Среди возможных вариантов наиболее удовлетворительным решением с экологической точки зрения является транспортировка CO_2 по трубопроводам и его закачка в глубокие геологические формации, такие, как и газовые, и нефтяные месторождения, которые истощены или близятся к истощению, не эксплуатируемые угольные месторождения, глубокие соленые водоносные горизонты. Использование истощенных нефтяных и газовых месторождений привлекательно тем, что для реализации таких решений существуют инфраструктуры и хорошо изученные геологические формации, пригодные для захоронения жидкостей и газов на миллионы лет. По оценкам экспертов добавление стадий улавливания и поглощения диоксида углерода в проект, как ожидается, добавит дополнительно $10 на баррель к цене продукта, хотя это можно компенсировать за счет доходов от повышения нефтеотдачи пластов или налоговых кредитов, или последующей продажей квот на продажу углеродных выбросов [30]. Для хранения CO_2 подходит использование глубоких подземных соленых водоносных слоев и тем самым являющихся непригодными для питьевого водоснабжения. Такие водоносные горизонты должны иметь низкую проницаемость покрывающей породы, чтобы предотвратить утечки CO_2. Океан на сегодняшний день является самым большим резервуаром углерода на поверхности земли. Большая доля антропогенного диоксида углерода поглощается им из атмосферы. Это медленный естественный процесс, который невозможно ускорить. Однако нужно учесть, что растворенный CO_2 через столетия возвращается в атмосферу. К тому же снижение pH воды океана негативно влияет на его биологическое разнообразие [31, 32].

Согласно концепции промышленных индустриальных систем можно снизить выбросы CO_2 совмещением процесса Фишера-Тропша с некоторыми химическими процессами на его основе. Например, получение полезных химических веществ и материалов с использованием CO_2 в качестве реагента или сырья:

синтез диметилкарбоната [33] (реагент, растворитель, оксигенат для добавки в топливо);

технический углерод – "усиливающий" компонент в производстве резин [34];

Таблица 3

Области применения диоксида углерода

Агрегатное состояние	Газ	Жидкость (суперкритическое состояние)	Твердое вещество
Области применения	пищевая промышленность закачка в пласт для увеличения нефте- и газоотдачи агент пожаротушения наращивание биомассы (водоросли) отверждение и стабилизация отходов карбонизацией [41, 42]	экстрагент для очистки среда для химических реакций	хладагент ("сухой лед")

синтез-газ риформингом метана; синтез карбамида (удобрение, полиуретаны, синтетические волокна);

синтез низших спиртов [35–37];

производство биомассы.

Направления потенциального использования CO_2 в химической промышленности продолжают расширяться [38–40]. Использование в промышленности и технике CO_2 во всех агрегатных состояниях представлено в табл. 3.

Тем не менее, реализация этих процессов сопряжена с энергопотреблением, т.е. с использованием процессов сгорания ископаемых топлив, вносящих вклад в изменение климата. Поэтому, при разработке CO_2 поглощающих технологий, речь может идти только об относительном снижении парникового эффекта [43].

Выводы

Рассмотрены наиболее значимые по вкладу в парниковый эффект этапы жизненного цикла синтетического транспортного топлива и приведено их экологическое и экономическое сравнение. В настоящее время выбросы парниковых газов в цепи жизненного цикла FT-топлива значительны и превышают таковые для традиционного топлива на основе нефти. С целью снижения негативного влияния производства синтетических топлив процессом Фишера-Тропша на изменение климата предпочтительно предусмотреть установку получения химического продукта на основе CO_2 в качестве сырья (карбамид, низшие спирты и др.) для получения системы, скомпенсированной по диоксиду углерода. Такая модель организации процесса особенно необходима для мобильных установок процесса Фишера-Тропша, когда отсутствие инфраструктуры не позволяет рассматривать другие технические решения по снижению выброса парниковых газов (захоронение диоксида углерода, совместное производство топлива и электроэнергии и др.).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Пахомова Н.В., Эндрес А., Рихтер К.** Экологический менеджмент. СПб: Питер, 2003.

2. **Korhonen J.** Four ecosystem principles for an industrial ecosystem // Journal of cleaner production. 2001. Vol. 9. P. 253–259.

3. **"Defining** Life Cycle Assessment" / US Environmental Protection Agency. 17.10.2010.

4. **"Life** Cycle Assessment (LCA)" / US Environmental Protection Agency. 08.2010.

5. **Brinkman N., Wang M., Weber T., Darlington.** Well-to-wheels analysis of advanced fuel/vehicle systems / A North American study of energy use. Greenhouse Gas Emission and Criteria Pollutant Emission. Argonne National Laboratory. 2005. May.

6. **Full** fuel cycle assessment: Well-to-wheels energy inputs, emissions and water impacts. California Energy Commission. 2007.08.01.

7. **Green** Car Glossary: well to wheel // Car magazine. Retrieved. 2011.02.28.

8. **How** does Greet work? Argonne National Laboratory. 2010.09.03.

9. **Well-to-wheel** efficiency analysis sees direct-hydrogen fuel cells. Advanced diesel hybrids comparable // Hart's Gas-to-Liquids News. 1999. April.

10. **Updated** baseline // Design/economics of indirect gas conversion, Refining and end use of coal liquids. Topical report (Draft). DOE Project № DE-AC22-93PC91029. 1997.

11. **Natural** gas fischer-tropsch case baseline // Design/economics for advanced fischer-tropsch technology. Topical report. Vol. VI. DOE Contract № DE-AC22-91PC90027. 1996.

12. **Wilhelm D.J., Simbeck D.R., Karp A.D., Dickenson R.L.** Syngas production for gas-to-liquids applications: technologies, issues and outlook // Fuel Process. Technol. 2001. V. 71. P. 139–148.

13. **Ruiz J., Passos F., Bueno J.** Synthesis gas production by autothermal reforming of methane on supported platinum catalyst // Appl. Catal. 2008. V. 334. P. 259–267.

14. **The General** planning for demonstrative Supply of DME in Korea // Korea DME Association. Oct. 9–10. 2007.

15. **Bang H.S.** Planning study for the development of the liquid fuel synthesis for natural gas. Ministry of Commerce, Industry and Energy: Korea. 1998, 168 p.

16. **Song C., Pan W.** Tri-reforming of methane: A novel concept for synthesis of industrially useful synthesis gas with desired H_2/CO ratios using CO_2 in flue gas of power plants

without CO_2 separation // Prepr. Pap.-Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem. 2004. V. 49 (1). 128 p.

17. **Song C.** Chem. Innovation. 2001. V. 31. P. 121–126.

18. **Pyo Y.D., Lee Y.J., Kim G.C., Kim M.H.** Engine performance and exhaust emissions characteristics of DI diesel engine operated with dimethyl ether // Korean Soc. Mech. Eng. 2003. V. 27. P. 589–595.

19. **Marschner F., Moeller F.W.** Methanol synthesis // Applied Industrial Catalysis; Leach B.E., Ed.; Academic Press: New York. 1983. V. 2. 225 p.

20. **Patel B.** Gas monetization: a techno-economic comparison of gas-to-liquid and LNG / 7th World Congress of Chemical Engineering. Glasgow. 2005. July.

21. **Greene D.L.** An assessment of energy and environmental issues related to the use of gas to liquid fuels in transportation // Report ORNL/TM-1999/258. Oak Ridge, TN: Oak Ridge Natural Laboratory. P. 69.

22. **Biodergradable** diesel fuel. http://www.freshpatents.com/Retrieved. 2009.06.24.

23. **Dry M.E.** The sasol fischer-tropsch processes // Applied Industrial Catalysis: Leach B.E., Ed.; Academic Press: New York, 1983, V. 2. P. 200–204.

24. **Dancuart L.P., Haan R.D., Klerk A.D.** Processing of primary fischer-tropsch products // Stud. Surf. Sci. Catal. 1997. V. 152. P. 505–514.

25. **Technical** support document. Coal-to-Liquids Products Industry Overwiev // Proposed rule for mandatory reporting of Greenhouse gases. Office of Air and Radiation. United States Environmental Protection Agency. 2009.01.28.

26. **Sasol** – 100 % synthetic fuel wins first-time approval for use inter-nationally in commercial aviation // Retrieved. 2009.06.24.

27. **Lufthansa** launches regular sheduled biofuel flights // Retrieved. 2011.07.15.

28. **Marano J.J., Ciferno J.P.** Life-cycle greenhouse-gas emissions inventory. U.S. Department of energy national energy technology laboratory // Energy and Environmental Solutions, LLC. 2001. June.

29. **Rubin E.S., Yeh S., Antes M., Berkenpas M., Davison J.** Use of experience curves to estimate the future cost of power plants with CO_2 capture // International journal of greenhouse gas control. 2007. V. 1. P. 196.

30. **Berg David R.** The business case for coal gastification with Co-production. Business risks, financial prospects, potential incentives, impact of sequestration // United States Air Force Energy Forum II. 2008. March 4. P. 12.

31. **Seibel B.A., Walsh P.J.** Potential impacts of CO_2 injection on deep-sea biota // Science. 2001. V. 294. P. 319–320.

32. **Gewin V.** Ocean carbon study to quit Hawaii // Nature. 2002. V. 417. 888 p.

33. **Shinichiro F., Bhalchandra M.B., Yutaka I., Masahiko A.** Synthesis of dimethyl carbonate from carbon dioxide and methanol in the presence of methyl iodide and base catalysts under mild conditions: effect of reaction conditions and reaction mechanism // Green Chem. 2001. V. 3. P. 87–91.

34. **Chunshan S.** Global challenges and strategies for control, conversion and utilization of CO_2 for sustainable development involving energy, catalysis, adsorption and chemical processing // Catalysis Today. 2006. V. 115. P. 2–32.

35. **Ihm S.K., Park Y.K., Jeon J.K.** A study on methanol synthesis through CO_2 hydrogenation over copper-based catalysts // Stud. Surf. Sci. Catal. 1998. V. 114. P. 533–536.

36. **Inui T., Yamamoto T., Inoue M.** Highly effective synthesis of ethanol by CO_2 hydrogenation on well balanced multifunctional FT-type composite catalysts // Appl. Catal. 1999. A 186. P. 395–406.

37. **Kusuma H., Okabe K., Shishikura I.** CO_2 hydrogenation to ethanol over promoted Rh/SiO_2 catalyst // Catal. Today. 1996. V. 28. P. 261–266.

38. **Aresta M., Dibenedetto A., Tommasi I.** Developing innovative synthetic technologies of industrial relevance based on carbon dioxide as raw material // Energy & Fuels. 2001. V. 15. P. 269–273.

39. **Creutz C., Fujita E.** Carbon dioxide as a feedstock, in: Carbon management, implications for R&D in the chemical sciences and technology // National Research Council. National Academic Press. Washington. DC. 2001. P. 83–92.

40. **Taylor D.K., Carbonell R., Simone J.** Opportunities for pollution prevention and energy efficiency enabled by the carbon dioxide technology platform // Annu. Rev. Energy Environ. 2000. V. 25. P. 115–146.

41. **Ramesh Chandra Sahu, Rajkishore Patel, Bankim Chandra Ray.** Neutralization of red mud using CO_2 sequestration cycle // Journal of Hazardous Materials. 2010. V. 179. P. 28–34.

42. **R.M. Enick, E.J. Beckman, C. Shi, J. Xu.** Remediation of metal-bearing aqueous waste streams via direct carbonation // Energy & Fuels. 2001. V. 15. P. 256–262.

43. **Philippe Jean-Baptiste, René Ducroux.** Potentiel des méthodes de séparation et stockage du CO_2 dans la lutte contre l'effet de serre // Comptes Rendus Geoscience. 2003. V. 335. P. 611–625.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОНВЕРСИИ СО И СЕЛЕКТИВНОСТИ ПО ЖИДКИМ УГЛЕВОДОРОДАМ ПРИ МАСШТАБИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ФИШЕРА-ТРОПША НА ГРАНУЛИРОВАННОМ КОБАЛЬТОВОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

К.О. Грязнов, В.С. Ермолаев, Э.Б. Митберг, В.З. Мордкович, В.Ф. Третьяков, зав. каф. ТНХС и ИЖТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова, д-р хим. наук, профессор

В статье представлены результаты работы по теоретическому и экспериментальному моделированию композитного кобальтового катализатора синтеза Фишера-Тропша в стационарном слое в кожухотрубном реакторе. Приведены сравнительные результаты расчетов по математической модели с измерениями, проводившимися на опытной установке в масштабированном реакторе. Показано, что в диапазоне скоростей синтез-газа выше 2000 $ч^{-1}$ математическая модель позволяет с высокой точностью прогнозировать конверсию СО, производительность и селективность по жидким углеводородам. На основании полученных результатов можно утверждать, что данная математическая модель может быть использована для проектирования промышленных реакторов синтеза Фишера-Тропша.

Ключевые слова: синтез Фишера-Тропша; композитный кобальтовый катализатор; математическое моделирование; стационарный слой; кожухотрубный реактор.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF CO CONVERSION AND SELECTIVITY TO LIQUID HYDROCARBONS SCALING OF THE FISCHER –TROPSCH PROCESS ON THE GRANULAR COBALT CATALYST

K.O. Gryaznov, V.S. Ermolaev, E.B. Mitberg, V.Z. Mordkovich, V.F. Tretyakov, doctor of chemical sciences, professor, head of the TNHS and IZHT Department, the MITHT after named M.V. Lomonosov

The results of the work on theoretical and experimental modeling of composite cobalt catalyst of Fischer-Tropsch synthesis in stationary layer in tube bundle reactor are presented. The comparative results of calculations by the mathematical model with the measurements carried out on a pilot plant in the scaled reactor are shown. It was shown that the speed range of the synthesis-gas above 2000 h^{-1} the mathematical model to accurately predict the CO conversion, productivity and selectivity to liquid hydrocarbons. Based on these results it can be argued that the mathematical model can be used for the design of commercial reactors of the Fischer-Tropsch process.

Keywords: Fischer-Tropsch synthesis; composite cobalt catalyst, mathematical modeling, stationary layer, tube bundle reactor.

Современная технология GTL ("gas to liquid") – 3-стадийный процесс и перспективный способ получения синтетической нефти и моторных топлив из ненефтяного углеродсодержащего сырья. Развитие технологии переработки природного газа в синтетическую нефть особенно актуально для России, во-первых, из-за наличия больших месторождений в Сибири, возможности переработки газа непосредственно на месте и использование нефтепроводов, что экономически более выгодно. Во-вторых, GTL позволяет утилизировать попутные газы месторождений нефти, а также сдувочные газы НПЗ, обычно сжигаемые "на свече". В-третьих, полученные по этой технологии моторные топлива превосходят нефтяные аналоги по эксплуатационным и экологическим показателям [1–7].

Типовым процессом второй ступени GTL является синтез Фишера-Тропша (СФТ) – каталитиче-

ский процесс превращения синтез-газа, в общем случае, в смесь углеводородов и кислородсодержащих веществ (т.е. в органические вещества)[1–3].

В современной технологии в качестве активного компонента используются катализаторы на базе железа и кобальта[1, 2]. Кобальтовые катализаторы обладают значительной активностью в СФТ и высокой селективностью в образовании н-парафинов и α-олефинов, при минимальном содержании оксигенатов и ароматики в продуктах реакции [1, 2].

В последние годы в GTL вследствие прогресса в этой и сопутствующих технологиях наблюдается переход к производству так называемого монопродукта (синтетической нефти и/или нескольких ее фракций), а также к интенсификации процесса и достижения высокой конверсии синтез-газа за один проход [8, 9]. Реализация этих технических решений позволит сократить традиционную трехступенчатую схему GTL до двух стадий, т.е. отказаться от дополнительной серьёзной переработки продуктов СФТ, что также снизит затраты на технологию[2, 8, 9].

Для успешного воплощения этой концепции необходим кобальтовый катализатор СФТ, способный обеспечить высокую конверсию CO за один проход (свыше 50 %) и производительность (выше 200 кг/(м^3·ч)) по жидким углеводородам [8, 9]. Однако активные в лабораторных испытаниях катализаторы могут не обеспечить такой же результат при масштабировании из-за ряда ограничений, присущих процессу в неподвижном слое катализатора. На производительность и селективность кобальтового катализатора большое влияние оказывает температура проведения процесса. Поскольку синтез Фишера-Тропша – высокоэкзотермичная реакция ($\Delta H_{500} = -160$ кДж/моль), то критичным является организация эффективного теплоотвода в грануле катализатора и в каталитическом слое в целом. Синтез Фишера-Тропша – типичный трехфазный процесс, где скорость диффузии реагентов к активным центрам катализатора лимитируется пленкой жидких продуктов синтеза как в катализаторном слое и на поверхности катализатора, так и в его порах [1, 2, 5, 6, 10].

Вышеперечисленные проблемы создают большие трудности при масштабировании реакторов и организации процесса в целом. Для их преодоления были предложены различные уникальные технические решения как на уровне катализатора (варьирование по форме: порошковые, монолитные, гранулированные и др.) [1, 2, 10], по составу (промотированные Pt, Re, Ru) [1, 2, 10–14], по носителю (цеолиты, карбид кремния, углеродные нановолокна) [1, 2, 10, 15–17], так и на уровне реактора (стационарный слой, слурри-реакторы, микроканальные реакторы) [1, 2, 18, 19]. Однако они не смогли удовлетворительно решить проблему увеличения производительности процесса. Поэтому альтернативой может рассматриваться создание и применение высокоточной математической модели, которая позволит избежать больших затрат и оказать существенную помощь при проектировании.

Ранее нами был предложен гранулированный катализатор, обеспечивающий в неподвижном слое лабораторного реактора (загрузка до 3 г) производительность до 400 кг/(м^3·ч), конверсию CO до 60 % [8, 9, 20].

Экспериментальная часть

Опытно-промышленная установка синтеза Фишера-Тропша

Для испытания в реакторе СФТ использовался гранулированный композитный кобальтовый (20 % мас. Co) катализатор на носителе, состав и методика приготовления которого подробно рассмотрены в [8, 9, 20].

Пилотная установка включает в себя все основные стадии технологии GTL и использует природный газ в качестве исходного сырья. Она состоит из блока получения синтез-газа (включает в себя реактор десульфирования природного газа, реактор пароуглекислотной конверсии, блок очистки от CO_2 абсорбцией CO_2 карбонатом калия, блок охлаждения синтез-газа и компрессор) и блок синтеза Фишера-Тропша. На рис. 1 представлена схема блока синтеза жидких углеводородов (блок получения синтез-газа не показан).

Синтез-газ с соотношением $H_2 / CO = 2$, давлением 2 МПа и температурой окружающей среды подается в реактор СФТ *1*. Продукты синтеза и непрореагировавший синтез-газ поступают в холодильник, охлаждаемый водой около 20 °C. В сепараторе *2* происходит разделение газообразных и жидких продуктов синтеза. Жидкие продукты синтеза поступают в приемник *3*, где происходит отделение синтетических жидких углеводородов от воды. Часть газообразных продуктов отбирается на анализ газовой хроматографией. Остальной газ отправляется на свечу.

Испытания катализатора проводили в кожухотрубном реакторе со стационарным слоем катализатора длиной трубы 2100 мм и внутренним диаметром 10,22 мм (рис. 2).

Синтез-газ через патрубок *1* поступает в верхнюю часть реактора *5*, где он подогревается за счет теплопередачи через стенку, проходит через слой катализатора, ограниченный сверху и снизу инертной засыпкой (засыпка инерта и катализатора на

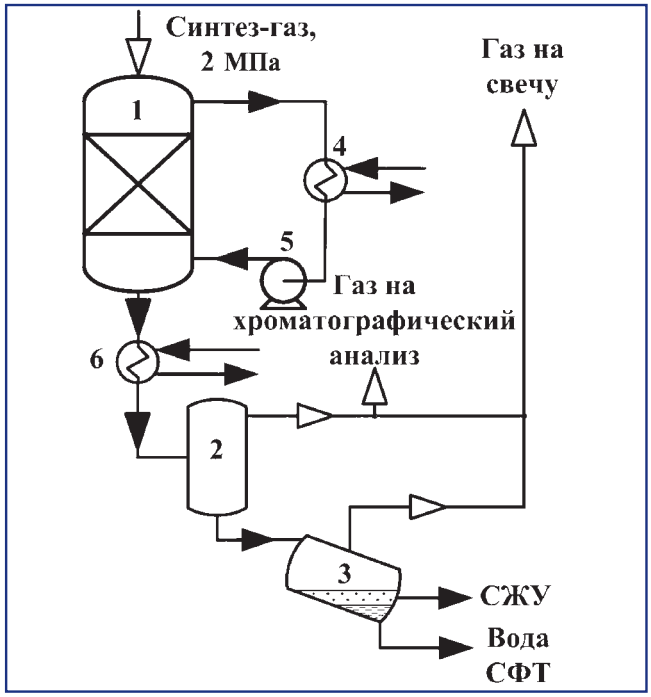


Рис. 1. Схема блока синтеза жидких углеводородов:
1 – реактор СФТ; *2* – сепаратор; *3* – приемник жидких продуктов СФТ; *4* – конденсатор; *5* – насос; *6* –холодильник

рисунке не показана). Отработанный синтез-газ вместе с газообразными и жидкими продуктами синтеза выводится снизу реактора *8*. Температура замеряется комплексом термопар *6*, что позволяет следить за профилем температур в реакторе. Температура синтеза поддерживается за счет принудительной циркуляции воды под давлением в рубашке реактора. Перед поступлением в рубашку реактора вода подогревается в водоподогревателе и насосом подается в рубашку реактора. Эффективный отвод тепла реакции обеспечивается теплоемкостью циркулирующей воды. При превышении заданной температуры жидкая вода вскипает, и поглощенное тепло отводится потоком парожидкостной смеси, что обеспечивает поддержание заданного температурного режима при условии постоянного давления в пароводяном контуре. Вода конденсируется в аппарате до необходимой температуры и под давлением вновь подается в реактор.

Методика активации катализатора и запуска СФТ представлена в [9].

После активации катализатор разрабатывали в токе синтез-газа, поднимая температуру со 170 до 228...234 °С с шагом 3...10 °С каждые 6 ч. Давление синтез-газа составляло 2 МПа. Подъем и оптимизацию температуры синтеза проводили при объемной скорости синтез-газа (мольное соотношение $H_2/CO = 2$ с 5 % об. N_2, используемый как внутренний стандарт), равной 1000 $ч^{-1}$ (в режиме разработки – подъема и оптимизации температуры синтеза) и увеличивали до 4000 $ч^{-1}$ (в режиме оптимизации производительности). После каждого увеличения объемной скорости синтез-газа для оптимизации производительности оптимальную температуру синтеза увеличивали в среднем на 3...6 °С.

Состав газообразных и жидких продуктов синтеза определяли с использованием газовой хроматографии. Анализ синтез-газа и газообразных продуктов (CH_4, CO_2, углеводородов C_2...C_4) проводили газовой адсорбционной хроматографией (детектор теплопроводности, газ-носитель – гелий, скорость газового потока – 20 мл/мин). Для отделения CO от CH_4 использовали колонку с молекулярными ситами CaA (3 m×3 mm). Колонку HayeSep (3 m × 3 mm) использовали для разделения CO_2 от углеводородов C_2...C_4. Температурный диапазон работы 60...200 °С, 10 °С/мин.

Состав жидких продуктов определяли газожидкостной хроматографией (пламенно-ионизационный детектор, газ-носитель – гелий, скорость газо-

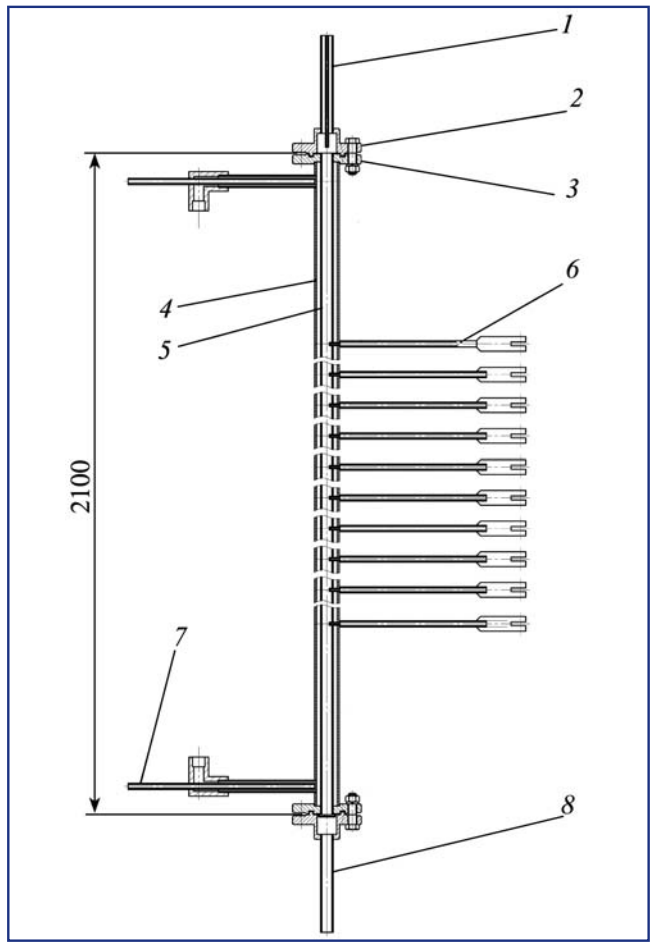


Рис. 2. *Кожухотрубный реактор СФТ:*
1 – патрубок входа газа; *2* – крышка; *3* – фланец; *4* – корпус; *5* – реакторная труба; *6* – направляющая термопар; *7* – патрубок воды; *8* – патрубок выхода газа

вого потока – 30 мл/мин). Применяли DP-Petro plate с длиной капиллярной колонки 50.

Математическое моделирование

Пробег на опытном кожухотрубном реакторе моделировали с использованием математической модели, составные части которой подробно рассматривались в работах [22–29]. Расчеты по данной математической модели проводили по алгоритму, любезно предоставленному компанией ИНФРА Технологии [21].

Модель включает в себя:

1. Химическую кинетику синтеза парафинов и олефинов из CO и H_2 на поверхности кобальтового катализатора.

2. Диффузионную модель тепломассопереноса внутри квазисферической каталитической частицы, включая капиллярную конденсацию воды внутри пористой структуры частиц [22].

3. Модель тепломассопереноса в пространстве между гранулами, основанную на квазигомогенном приближении при описании зернистого слоя [23]. Для описания толщины пленки жидкой фазы, а также интенсивности тепломассообмена с поверхностью зерна катализатора используется щелевая модель двухфазного течения в зернистом слое.

4. Модель перепада давления при течении газожидкостной среды [24].

5. Современное уравнение состояния (PC-SAFT) для расчета термодинамических свойств в трехфазной системе [25–28]. Переносные свойства веществ, необходимые для оценки диффузионного переноса, рассчитывались по полуэмпирическим зависимостям.

Модель позволяет вычислять термическую стабильность сферических каталитических частиц с внутренней генерацией тепла и диффузионными затруднениями газообразного компонента [28].

Математическая модель использует широкий диапазон входных данных:

геометрические параметры реактора;

объемную скорость, состав и температуру синтез-газа;

геометрические и физико-химические характеристики катализатора.

Модель позволяет получать следующие данные:

конверсию CO, производительность по жидким углеводородам;

максимальное отклонение и профиль температуры в слое;

профили концентраций реагентов и продуктов по длине реактора;

состав выходящего синтез-газа.

Для расчета реактора синтеза Фишера-Тропша в качестве базовой принята следующая система уравнений:

течение в свободном объеме:

$$\frac{\rho_g u_r}{\varepsilon^2}\frac{\partial u_r}{\partial r}+\frac{\rho_g u_z}{\varepsilon^2}\frac{\partial u_r}{\partial z}=-\frac{\partial p}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\mu_g r\frac{\partial u_r}{\partial r}\right)+$$
$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_g\frac{\partial u_r}{\partial z}\right)-\frac{\mu_g u_r}{r^2}-\frac{\mu_g u_r}{K}-\frac{C_E}{\sqrt{K}}\rho|u_r|u_r;$$

$$\frac{\rho_g u_r}{\varepsilon^2}\frac{\partial u_z}{\partial r}+\frac{\rho_g u_z}{\varepsilon^2}\frac{\partial u_z}{\partial z}=-\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\mu_g r\frac{\partial u_z}{\partial r}\right)+$$
$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu_g\frac{\partial u_z}{\partial z}\right)-\frac{\mu_g u_z}{K}-\frac{C_E}{\sqrt{K}}\rho|u_z|u_z;$$

$$\frac{1}{r}\frac{\partial(\rho_g u_r r)}{\partial r}+\frac{\partial(\rho_g u_z)}{\partial z}+(1-\varepsilon)\Gamma_{x,l}=0;$$

$$\frac{\rho_g c_{p,g} u_r}{\varepsilon}\frac{\partial T}{\partial r}+\frac{\rho_g c_{p,g} u_z}{\varepsilon}\frac{\partial T}{\partial z}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\lambda_{g,s} r\frac{\partial T}{\partial r}\right)+$$
$$+\frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_{g,s}\frac{\partial T}{\partial z}\right)+(1-\varepsilon)\Gamma_T;$$

$$\frac{\rho_g u_r}{\varepsilon}\frac{\partial x_n}{\partial r}+\frac{\rho_g u_z}{\varepsilon}\frac{\partial x_n}{\partial z}=$$
$$=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(D_{n,s} r\frac{\partial x_n}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(D_{n,s}\frac{\partial x_n}{\partial z}\right)+(1-\varepsilon)\Gamma_{x,n}.$$

Граничные условия:

при $r=0$: $\frac{\partial u_r}{\partial r}=0;\frac{\partial u_z}{\partial r}=0;\frac{\partial T}{\partial r}=0;\frac{\partial x_n}{\partial r}=0;$

$\frac{\partial p}{\partial r}=0;$

при $r=\frac{d_r}{2}$: $u_r=0;\ u_z=0;\ -\lambda_g\frac{\partial T}{\partial r}=-\lambda_w\frac{T_w-T}{\delta_w};$

$\frac{\partial x_n}{\partial r}=0;\frac{\partial p}{\partial r}=0;$

при $z=L$: $\frac{\partial u_r}{\partial r}=0;\ \frac{\partial u_z}{\partial r}=0;\ \frac{\partial T}{\partial r}=0;\ \frac{\partial x_n}{\partial r}=0;$

$\frac{\partial p}{\partial r}=0,$

где C_E – константа Эргуна; K – коэффициент проницаемости; $\lambda_{g,s}$ – тепловая дисперсия; Γ_T – суммарный источник тепла, обусловленный переходом компонентов среды в жидкую фазу; $\Gamma_{1,x}$ – сум-

марный массовый источник, обусловленный переходом компонентов среды в жидкую фазу; $\Gamma_{x,n}$ – суммарный массовый источник по n-му компоненту, кг/(м^3·с); $D_{n,s}$ – коэффициент дисперсии массы.

Перенос в зерне катализатора

Для описания переноса тепла и массы в зерне катализатора используется система уравнений диффузионного типа [30]:

$$\frac{1}{x^2}\frac{\partial}{\partial x}\left(D_{\text{eff},i}\ x^2\frac{\partial c_i}{\partial x}\right)+S_i=0,$$

$$\frac{1}{x^2}\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_{\text{eff}}\ x^2\frac{\partial T}{\partial x}\right)+Q_\Sigma=0.$$

Так как потоки массы и тепла в центре зерна должны быть равны нулю, уравнения переноса должны удовлетворять следующим граничным условиям:

$$\left.\frac{\partial c_i}{\partial x}\right|_{x=0}=0,\qquad \left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0}=0.$$

Граничными условиями на внешней поверхности зерна в этом случае являются следующие условия:

$$c_i\big|_{x=\frac{d_s}{2}}=c_{b,i}\ ,\qquad T\big|_{x=\frac{d_s}{2}}=T_b\ .$$

Уравнения для описания химической кинетики процесса

Кинетика синтеза Фишера-Тропша взята из работы [31]. Скорость расходования монооксида углерода описывается уравнением:

$$s_{\text{CO}}=\frac{k_{\text{CO}}\ c_{\text{CO}}^{2/3}\ c_{\text{H}_2}^{2/3}}{(1+k_{\text{C}}\ c_{\text{CO}}^{2/3}\ c_{\text{H}_2}^{1/3})^2},$$

где константы скоростей реакции представлены в виде экспоненциальных зависимостей от температуры:

$$k_{\text{CO}}=A_{\text{CO}}\ e^{-\frac{E_{\text{CO}}}{RT}},\qquad k_{\text{C}}-A_{\text{C}}\ e^{-\frac{E_{\text{C}}}{RT}}\ .$$

Параметры кинетической модели оптимизированы под используемый катализатор.

Скорость образования или расходования остальных компонентов определяется по следующим соотношениям:

$$s_{\text{H}_2}=\frac{s_{\text{CO}}}{n_\Sigma}\sum_n(2n+1)(1-\alpha)\,\alpha^{n-1};$$

$$s_{\text{C}_n\text{H}_{2n+2}}=-\frac{s_{\text{CO}}}{n_\Sigma}(1-\alpha)\,\alpha^{n-1};$$

$$s_{\text{H}_2\text{O}}=-s_{\text{CO}};$$

где $n_\Sigma=\sum_n n\,(1-\alpha)\,\alpha^{n-1}$ – среднее углеродное число.

Результаты

На рис. 3 представлены данные по конверсии CO для опытной установки и математической модели. Для сравнения представлены данные испытаний катализатора на лабораторной установке.

Измеряемые температуры реакции изменялись при повышении объемной скорости в соответствии с данными, показанными в табл. 1 и 2.

Расчетные данные в целом повторяют тенденцию экспериментальных данных, хотя угол наклона трендов несколько различен. В диапазоне объемных скоростей 2000...4000 ч$^{-1}$ наблюдается хорошее количественное совпадение данных. Отмеченное отклонение расчетных данных от экспериментальных в области 1000...2000 ч$^{-1}$ обусловлено тем, что модель не учитывает течение жидкой пленки по поверхности гранул катализатора, а также массообмен через эту пленку. Это приводит к завышению расчетных данных по сравнению с экспериментальными.

Кроме того, на рис. 3 представлены данные испытания катализатора на лабораторной установке. Значительное отклонение величин конверсии CO лабораторных испытаний катализатора от испытаний на пилотной установке вызвано различными условиями тепломассообмена в слое катализатора. В лабораторном реакторе осевым градиентом температур вследствие малой толщины слоя катализатора (2...3 см) можно пренебречь, радиальный гра-

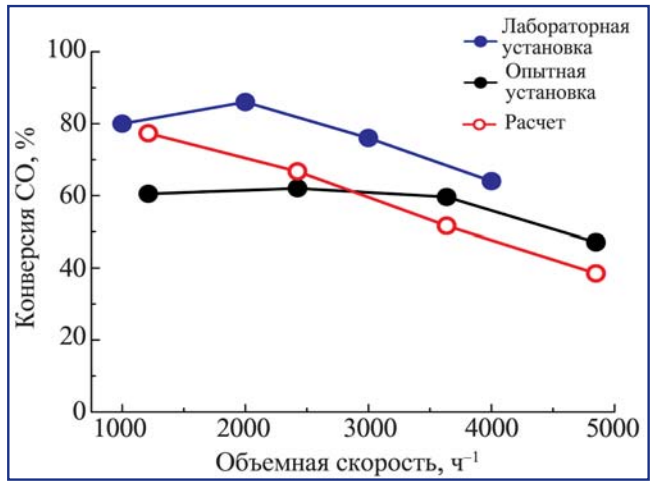


Рис. 3. *Сравнение экспериментальных и расчетных данных для конверсии CO при различных объемных скоростях*

Таблица 1

Оптимальная температура синтеза лабораторного реактора СФТ

Объемная скорость синтез-газа, $ч^{-1}$	*T*, °C
1000	228
2000	231
3000	234
4000	237

Таблица 2

Температура стенки масштабированного реактора СФТ

Объемная скорость синтез-газа, $ч^{-1}$	*T*, °C
1212	223
2424	235
3636	238
4848	238

диент нивелируется за счет высокой теплопроводности гранул катализатора. Поэтому в лабораторной установке слой катализатора в целом работает при одинаковой температуре.

Условия тепломассообмена в катализаторном слое промышленного реактора существенно отличаются от лабораторных. Во-первых, абсолютная величина загрузки катализатора, а также высоты его слоя значительно больше лабораторной. Как уже упоминалось ранее, процесс СФТ характеризуется большим тепловыделением, что требует организации эффективного отвода тепла в слое катализатора. В "лобовом" слое, где свежий синтез-газ контактирует с катализатором, происходит основная конверсия CO и тепловыделение. В результате в лобовом слое формируется так называемое "горячее пятно". По мере удаления от лобового слоя катализатор будет контактировать с более обедненным синтез-газом, поэтому интенсивность протекания реакции и тепловыделение вне горячего пятна не будет столь значительным. По этой причине по длине промышленного реактора возникает температурный профиль и нагрузка на катализатор в зависимости от его положения в слое различна. Во-вторых, промышленные кожухотрубные реакторы, как правило, характеризуются высокой величиной соотношения высота/радиус (аспектное соотношение). Поэтому одинаковое время контакта синтез-газа с катализатором в лабораторном и промышленном реакторе обеспечивается различными линейными скоростями. Из-за этого режим тепломассообмена в лабораторной и промышленной установке будет различным.

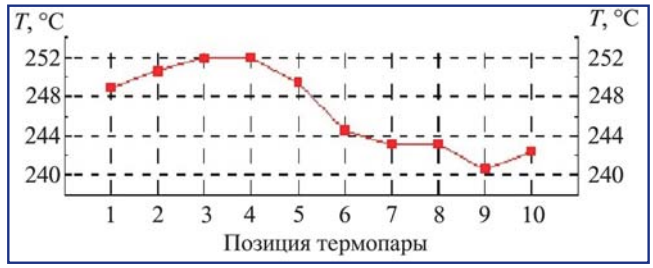


Рис. 4. Пример температурного профиля в трубчатом реакторе СФТ

На рис. 4 показан типичный пример температурного профиля в реакторе (ток синтез-газа слева направо). Температура воды в рубашке составляет 243 °C. На входе в лобовой слой наблюдается подъем температуры. Видно, что область, занимаемая горячим пятном, охватывает бóльшую часть всей длины реактора (1–7 термопары). В нижних слоях катализатора тепловыделение не столь значительно из-за того, что катализаторный слой работает на обедненном синтез-газе. Так как тепло эффективно отводится циркулирующей водой рубашки реактора, то температура в нижнем слое катализатора (позиции термопар 7–10) будет практически одинакова и равна температуре стенки. Так как теплообмен осуществляется потоком горячей воды, которая быстро прокачивается по рубашке, через стенку реактора, то в некотором приближении можно считать, что температура стенки постоянна. Это позволяет применять данный параметр для описания температуры синтеза в математической модели.

Из рис. 5 видно, что качественное и количественное совпадение соблюдается как для лабора-

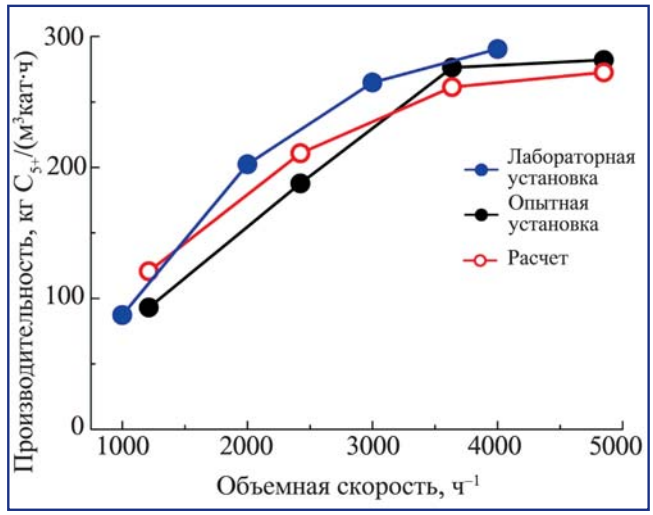


Рис. 5. *Сравнение экспериментальных и расчетных данных для производительности C_{5+} в диапазоне температур синтеза от 223 до 238 °C*

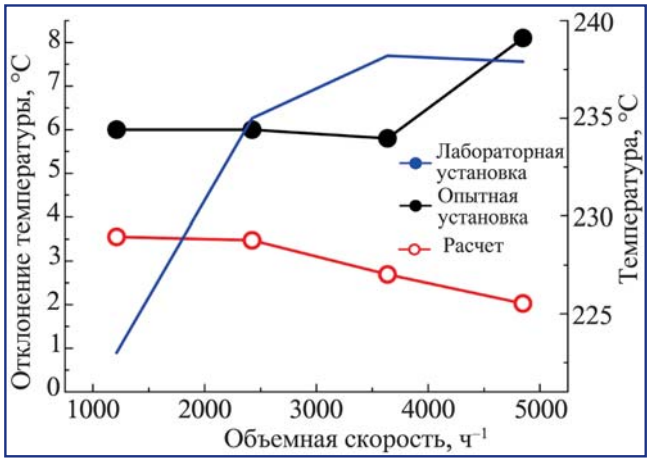


Рис. 6. *Сравнение экспериментальных и расчетных данных для температур горячего пятна*

торного и масштабированного реакторов, так и для расчетных данных.

На рис. 6 представлены данные зависимости температуры горячего пятна от объемной скорости синтез-газа. Различия величин вызваны тем, что в приграничном кипящем слое воды существует градиент температур в 1...3 °С. Он не учитывается, так как используемая математическая модель не сопряжена с моделью приповерхностного кипения. При учете этой систематической погрешности модель вполне адекватно способна описывать температуру горячего пятна.

Выводы

Были проведены испытания композитного гранулированного кобальтового катализатора СФТ в кожухотрубном реакторе в диапазоне объемных скоростей синтез-газа 1212...4848 $ч^{-1}$. Конверсия СО и производительность по жидким углеводородам катализатора, испытанного на опытной установке хорошо согласуются с лабораторными данными.

Проведена симуляция испытаний катализатора на опытной установке с использованием математической модели. В диапазоне объемных скоростей синтез-газа свыше 2000 $ч^{-1}$ наблюдается высокая точность в прогнозировании конверсии СО, производительности и селективности образования жидких углеводородов. Снижение точности описания процесса в диапазоне объемных скоростей синтез-газа ниже 2000 $ч^{-1}$ вызвано тем, что применяемая модель не учитывает диффузию реагентов через жидкую пленку продукта.

Исследованы возникновение и возможности описания горячего пятна в слое катализатора. Показано, что математическая модель показывает систематическое занижение его температуры на 1...3 °С, при этом достаточно точно прогнозирует его местоположение.

Полученные результаты позволяют утверждать, что данная математическая модель может быть использована для проектирования промышленных реакторов синтеза Фишера-Тропша.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Steynberg A., Dry M.**Fischer-Tropsch technolodgy. 2004. 700 p.

2. **Peter M.Maitlis, Arno de Klerk.** Greener Fischer–Tropsch Processes for Fuels and Feedstocks // Wiley – VCH Verlag GmbH & Co.KGaA. 2013. 372 p.

3. **Хейнрици-Оливе Г., Оливе С.** Химия каталитического гидрирования СО. М.: Мир, 1987. 248 с.

4. **Елисеев О.Л.** Технологии "газ в жидкость" // Рос. хим. ж. 2008. Т. LII. № 6. С. 53–62.

5. **Хасин А.А.** Новые подходы к организации процесса синтеза Фишера-Тропша. Использование реакторов с каталитически активными мембранами // Рос.хим. ж. 2003. Т. XLVII. № 6. С. 36–47.

6. **Khassin A.A.** Catalytic membrane reactor for conversion of syngas to liquid hydrocarbons // Energia. 2005. Vol.16. № 6. P. 2–6.

7. **Хасин А.А.** Обзор известных технологий получения синтетических жидких углеводородов по методу Фишера-Тропша // Газохимия. 2008. С. 28–36.

8. **Mordkovich V.Z., Ermolaev V.S., Mitberg E.B., Sineva L.V., Solomonik L.G., Ermolaev I.S.** Composite Pelletized Catalyst for Higher One-Pass Conversion and Productivity in Fisher-Tropsch Process // Catalysis Today. 2013 in press.

9. **Синева Л.В., Мордкович В.З., Ермолаев В.С., Ермолаев И.С., Митберг Э.Б., Соломоник И.Г.** Разработка высокопроизводительного промышленного катализатора синтеза Фишера-Тропша // Катализ в промышленности. 2012. № 6. С. 13–22.

10. **Andrey Y.Khodakov, Wey Chu, Pascal Fongarland.** Advances in the Development of Novel Cobalt Fischer-Tropsch Catalysts for Synthesis of Long-Chain Hydrocarbons and Clean Fuels // Chem. Rev. 2007. № 107. P. 1692–1744.

11. **Enrique Iglesia.** Design, synthesis, and use of cobalt-based Fischer-Tropsch synthesis catalysts // Applied Catalysis A:General. 1997. Vol. 161. P. 58–78.

12. **Min Sheng, Hongyun Yang, Donald R.Cahela, Bruce J.Tatarchuk.** Novel catalyst structures with enhanced heat transfer characteristics // Journal of Catalysis. 2011. V. 281. P. 254–262.

13. **Bjorn Christian Enger, Ase-Lill Fossan, Oyvind Borg, Erling Rytter, Anders Holmen.** Modified alumina as catalyst support for cobalt in the Fischer-Tropsch synthesis // Journal of Catalysis. 2011. V. 284. P. 9–22.

14. **Heline Karaca, Olga V.Safonova, Stephane Chambrey, Pascal Fongarland, Pascal Roussel, Anne Griboval-Constant, Maxime Lacroix, Andrey Y.Khodakov.** Structure and catalytic performance of Pt-promoted alumina-supported cobalt catalysts under realistic conditions of Fischer-Tropsch Synthesis // Journal of Catalysis. 2011. Vol. 277. P. 14–26.

15. **Guillermo Calleja, Antonio de Lucas, Rafael van Grieken.** Co/HZSM-5 catalyst for syngas conversion:influence of process variables // Fuel. 1995. Vol. 74. № 3. P. 445–451.

16. **A.R. de la Osa, A.De Lucas, A.Romero, J.L.Valverde, P.Sanchez.** Influence of the catalytic support on the industrial Fisher-Tropsch synthesic diesel production // Catalysis Today. 2010. P. 1–5.

17. **Лапидус А.Л. и др.** Применение цеолитов в катализе: тез. докл. всес. конф. М.: Наука, 1985. С. 43.

18. **Cornelius Mduduzi Masuku, Wilson Davis Shafer, Wenping Ma, Muthu Kumaran Gnanamani, Gary Jacobs, Diane Hildebrandt, David Glasser, Burtron H.Davis.** Variation of residence time with chain length for products in slurry-phase Fischer-Tropsch reactor // Journal of Catalysis. 2012. Vol. 287. P. 93–101.

19. **Tonkovich A.L., Terry Mazanec, Kai Jarosch, Sean Fitzgerald, Bin Yang, Rachid Taha, David Kilanowski, Jan Lerou, Jeff McDaniel, Tad Dritz.** Improved Fischer-Tropsch Economics Enabled by Microchannel Technology // Velocys. 2008. P. 1–7.

20. **Соломоник И.Г., Мордкович В.З., Ермолаев В.С., Синева Л.В., Митберг Э.Б.** Патент RU № 2422202 от 22.06.2011.

21. **http:**//www.infratechnology.ru/.

22. **Ермолаев В.С., Мордкович В.З., Соломоник И.Г.** Исследование влияния капиллярной конденсации на процессы тепломассопереноса в зерне катализатора синтеза Фишера-Тропша // Теоретические основы химической технологии. 2010. Т. 44. № 5. С. 516–520.

23. **Деревич И.В., Ермолаев В.С., Зольникова Н.В., Мордкович В.З.** // Моделирование гидродинамики и массопереноса в реакторе синтеза Фишера-Тропша с фиксированным слоем катализатора: труды пятой рос.нац.конф. по теплообмену. М.: Издательский дом МЭИб, 2010. Т. 3. С. 187–190.

24. **Деревич И.В., Ермолаев В.С., Мордкович В.З., Галдина Д.Д.** Моделирование гидродинамики в микроканальном реакторе Фишера-Тропша // Теоретические основы химической технологии. 2012. Т. 46. № 1. С. 10–23.

25. **Деревич И.В., Ермолаев В.С., Мордкович В.З.** Термодинамическое равновесие жидкость-пар в продуктах синтеза Фишера-Тропша // Теоретические основы химической технологии. 2008. Т. 42. № 2. С. 227–230.

26. **Деревич И.В., Ермолаев В.С., Зольникова Н.В., Мордкович В.З.** Моделирование теплофизических свойств жидких и газообразных продуктов синтеза Фишера-Тропша // Теоретические основы химической технологии. 2011. Т. 45. № 2. С. 236–241.

27. **Деревич И.В., Ермолаев В.С., Зольникова Н.В., Мордкович В.З.** Расчет многокомпонентного многофазного равновесия смеси продуктов синтеза Фишера-Тропша. Проблемы газодинамики и тепломассообмена в новых энергетических технологиях: тез. докл. XVIII Школы-семинара молодых ученых и специалистов под рук. акад. РАН А.И. Леонтьева (23–27 мая 2011 г., Звенигород).М.: Издательский дом МЭИ. 2011. С. 259–260.

28. **Ермолаев В.С.** Расчет термодинамики многофазных систем с использованием уравнения состояния SAFT. Тр. пятой рос. нац. конф. по теплообмену. М.: Издательский дом МЭИб, 2010. Т. 5. С. 49–51.

29. **Derevich I.V., Ermolaev V.S., Mordkovich V.Z.** Unstable thermal models in Fischer-Tropsch reactors with fixed pelletized catalytic bed. Proceedings of the 14th International Heat Transfer Conference IHTC14. August 8–13. 2010. Washington. DC. USA. P. 1–10.

30. **Киперман С.Л.** Основы химической кинетики в гетерогенном катализе. М.: Химия, 1972.

31. **Huber G.W.** Intrinsic kinetics of Pt-promoted Co/SiO_2 Fischer–Tropsch synthesis catalysts // M.S. thesis. Brigham Young University. 2000.

Список условных обозначений:

p – давление, Па;
T – температура среды, К;
R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);
c – концентрация, моль/л;
ρ – плотность, кг/см^3;
μ – вязкость, Па·с;
λ – теплопроводность, Вт/(м·К);
S – скорость протекания химической реакции, кг/(м^3·с);
s – скорость протекания химической реакции, моль/(м^2·с);
D – коэффициент диффузии, м^2/с;
ε – пористость твердой фазы;
u – скорость, м/с;
r – координата по радиусу реактора, м;
z – координата по длине реактора, м;
x – координата по радиусу зерна, м;
d – диаметр, м;
δ – толщина, м;
n – число атомов углерода в молекуле углеводорода;
K – коэффициент проницаемости;
α – константа молекулярно-массового распределения;
x_n – массовая доля компонента в среде;
$c_{p,g}$ – удельная изобарная массовая теплоемкость газовой среды, Дж/(кг·К);
C_E – константа Эргуна;
Γ_T – суммарный источник тепла, обусловленный переходом компонентов среды в жидкую фазу, Вт/м^3;
$\Gamma_{x,1}$ – суммарный массовый источник, обусловленный переходом компонентов среды в жидкую фазу, кг/(м^3·с);
$\Gamma_{x,n}$ – суммарный массовый источник по n-му компоненту, кг/(м^3·с);
$\lambda_{g,s}$ – тепловая дисперсия, м^2/с;
$D_{n,s}$ – коэффициент дисперсии массы, м^2/с;
n_Σ – среднее углеродное число;
Q_Σ – суммарное тепловыделение в результате протекания химических реакций, Вт/м^3.

ИНДЕКСЫ:
g – газ;
b – внешняя граница зерна;
s – зерно катализатора;
eff – эффективный параметр;
i – индекс компонента смеси;
n – число атомов углерода в молекуле углеводорода;
r – радиус реактора;
z – длина реактора;
w – стенка.

 ISSN 2073-8323

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ХИМИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

Е.В. Кирчевская, соискатель кафедры,
С.А. Панова, доцент кафедры ИТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова

В статье описаны функциональные подсистемы технического регулирования – система стандартизации и система оценки соответствия.

Ключевые слова: техническое регулирование, система менеджмента качества.

TECHNICAL REGULATION AS A TOOL TO IMPROVE THE QUALITY OF CHEMICAL PRODUCTS

E.V. Kirchevskaya, the applicant of the IT Department,
S.A. Panova, associate professor of IT Department, MITHT after name. M.V. Lomonosov

The article describes the functional subsystems technical regulation – a system of standardization and conformity assessment system.

Keywords: technical regulation, quality management system.

Выпуск конкурентоспособной продукции – задача любого предприятия, в том числе и химического. Особенно актуальна эта проблема в условиях глобализации рынков и усиления конкуренции как на внутреннем, так и на внешнем рынке после вступления России в ВТО. Основная проблема российской химической промышленности сегодня – несоответствие спроса и предложения, мы производим в основном продукцию низких переделов с низкой добавленной стоимостью, ее же и экспортируем [1]. Номенклатура импорта, наоборот, очень многообразна, в ней традиционно занимают важное место товары так называемой малотоннажной химии: изделия из пластмасс, лакокрасочные материалы, красители. В этих условиях возникает потребность корректировки роли технического регулирования в достижении цели эффективного функционирования химических предприятий, выпускающих инновационную продукцию.

Под техническим регулированием понимается совокупность подходов и механизмов, направленных на выпуск качественной безопасной инновационной и конкурентоспособной продукции.

Объектами технического регулирования в соответствии с Федеральным законом № 184 "О техническом регулировании" [2] являются выпускаемые в обращение на территории Российской Федерации виды химической продукции, содержащие вещества, и/или смеси химических веществ, обладающие опасными свойствами и содержащиеся в химической продукции в концентрациях, превышающих предельно-допустимые. Философия закона заключается в следующем:

- за качество товара ответственность несет производитель, а не государство;
- за безопасность товара для жизни и здоровья граждан ответственность несет государство;
- оценку качества уровня товара будет давать конкретный потребитель и рынок.

Цель системы технического регулирования – стимулирование развития экономики и защита рынка путем *формирования требований к продукции и к оценке ее соответствия* в процессе создания и движения товара, который отвечал бы требованиям реформирования экономики, придания ей социальной ориентации, повышения конкурентоспособности продукции и экономики в целом при условии гармонизации с правилами, установленными международным сообществом.

Функциональными подсистемами технического регулирования являются система стандартизации и система оценки соответствия, включающая в свою очередь лицензирование, аккредитацию, регламентацию, сертификацию, метрологию, регистрацию.

Цель системы стандартизации – защита интересов потребителей и государства по вопросам качества продукции, процессов и услуг путем установления правил и характеристик, направленных на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг, а главная задача – *разработка нормативно-технической документации (НТД)*, определяющей прогрессивные требования к выпускаемой продукции, а также контроль за правильностью использования этой документации. При этом стандартизация в качестве одного из элементов технического регулирования может обеспечить вклад в экономический рост, превышающий соответствующие показатели от внедрения патентов и лицензий. Так, по исследованиям немецких экспертов, подтвержденным аналитиками Европейского Союза, за период 1960–1990 гг. треть ежегодного экономического роста Германии (около 30 млрд марок) относится к эффекту от применения стандартов. Таким образом, государство

напрямую должно быть заинтересовано в эффективном применении рычагов технического регулирования. Внутри страны стандартизация может осуществляться на уровне отрасли или сектора экономики, на уровне ассоциаций или фирм в промышленности, а также на отдельных заводах и в учреждениях.

Существенным негативным моментом в условиях рыночной экономики стали проблемы преимущественно государственного финансирования работ по стандартизации без активного участия промышленности как основного потребителя стандартов. Стало совершенно очевидно, что государство не в состоянии решать все проблемы технического регулирования за свой счет. Большое число действующих стандартов содержит обязательные для применения требования и нормы по широкому спектру показателей, тогда как действующим российским законодательством установлены в качестве обязательных исключительно требования безопасности продукции, работ и услуг для окружающей среды, жизни, здоровья людей и имущества, для обеспечения технической и информационной совместимости, взаимозаменяемости продукции, единства методов контроля и единства маркировки.

Важнейшими результатами деятельности по стандартизации являются обеспечение безопасности продукции и процессов, повышение степени соответствия продукции, процессов и услуг их функциональному назначению, устранение барьеров в торговле и содействие научно-техническому сотрудничеству. Объектами стандартизации могут быть продукция, процесс, услуга, система, требования, методы и т.д. Таким образом, основная работа по подготовке конкретной научно-технической документации осуществляется на уровне предприятия. Основным итогом деятельности по стандартизации на предприятии являются технические условия (ТУ) на продукцию.

ТУ устанавливают требования, которым должна удовлетворять продукция с тем, чтобы обеспечить ее соответствие своему назначению. ТУ может включать кроме требования соответствия назначению такие аспекты, как отбор проб, испытания, упаковывание и этикетирование, а иногда и технологические требования.

Особое значение в современных условиях имеют стандарты, устанавливающие требования к системам управления качеством. Международная организация по стандартизации в 1987 г. выпустила первую версию данных стандартов – стандарты ИСО серии 9000 [3], содержащие такие требования и предназначенные для правильного создания систем управления качеством организаций с тем, чтобы они могли пройти сертификацию по единым международным критериям.

В 1994 г. вышла несколько более совершенная версия таких стандартов. Целью этой версии являлось достижение удовлетворенности потребителя посредством предупреждения выпуска несоответствующей продукции. При этом система качества рассматривалась как средство, обеспечивающее соответствие продукции установленным требованиям. Однако и эта версия данных стандартов содержала существенные недостатки. Совершенствование системы управления качеством на основе этих стандартов нередко приводило к излишней формализации и бюрократизации управления.

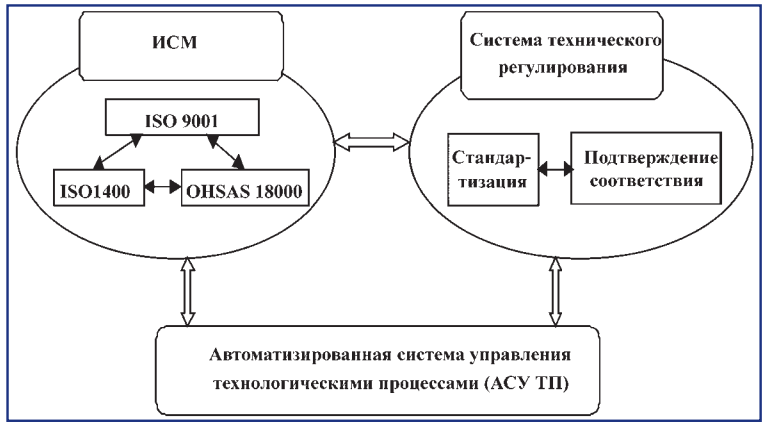


Рис. 1. *Интеграция системы технического регулирования с ИСМ и АСУ ПТ*

Кардинальное совершенствование данной серии стандартов произошло в 2008 г. Целью новой системы менеджмента качества стали постоянные улучшения для увеличения вероятности повышения удовлетворенности как потребителей, так и других заинтересованных сторон. Новая структура и принципы управления качеством продукта труда привели к значительному изменению и содержания стандартов новой версии в сравнении с предыдущей. Ее главная идея – максимальное приближение концепции системы менеджмента качества к идеологии тотального управления качеством (TQM). Для разработки научно-технической документации, отвечающей требованиям нескольких стандартов необходима интеграция систем управления различными аспектами деятельности предприятия.

Сегодня на многих российских химических предприятиях существуют интегрированные системы менеджмента (ИСМ), включающие в себя систему менеджмента качества (СМК), систему экологического менеджмента, систему менеджмента здоровья и безопасности, сертифицированные в соответствии с российскими и международными стандартами. Система технического регулирования производства продукции взаимодействует с интегрированной системой менеджмента и системой АСУ ТП в части установления правил и характеристик, направленных на достижение качества и безопасности продукции и процессов производства (рис. 1) и контроля за их исполнением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Материалы** Совещания "О мерах по развитию химического и нефтехимического комплекса России". г. Благовещенск Республики Башкортостан. Июль. 2013 г.

2. **Федеральный** закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании".

3. **ГОСТ** ISO 9000–2011.

4. **Бузов Б.А.** Управление качеством. Технический регламент, стандартизация, сертификация. М.: РИА "Стандарты и качество", 2006.

 ISSN 2073-8323

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ИНДУСТРИИ СПГ

Е.Б. Федорова, доцент, канд. техн. наук, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

Статья посвящается проблеме возникающего острого дефицита квалифицированных кадров для реализации в России существующих проектов малотоннажных установок и крупнотоннажных заводов СПГ. Проведен анализ подготовки кадров в области СПГ за рубежом. Освещен первый опыт реализации программ магистерской и профессиональной подготовки в области СПГ в РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. Показаны перспективы сотрудничества компаний и вуза в подготовке кадров различного уровня.

Ключевые слова: СПГ, подготовка кадров, программы магистерской подготовки, дополнительное профессиональное образование.

TRAINING FOR THE LNG INDUSTRY

Fedorova E.B., senior lecturer, candidate of sciences Gubkin Russian State University of Oil and Gas

The article is devoted to a problem of an arising shortage of qualified personnel for realization of existing projects of small-scale and base-load LNG plants in Russia. The analysis of foreign LNG training programs is carried out. The first experience of realization of the LNG master degree program and the LNG training program in GSU of oil and gas is shined. The prospects of cooperation between companies and universities in LNG training at various levels are shown.

Keywords: LNG, training, master degree programs, additional professional education.

Мировая индустрия сжиженного природного газа насчитывает уже более 50 лет успешной эксплуатации разнокалиберных предприятий по производству СПГ – от установок для покрытия пиковых нагрузок газопотребления (peak-shaving plants) до крупнотоннажных заводов (based-load plants). По оценкам Международного Энергетического Агентства – IEA (США) к 2030 г. по уровню потребления природный газ станет вторым в мире источником энергии после нефти. Выход природного газа на второе место может произойти гораздо быстрее после аварии на АЭС Фукусима Даичи (Япония) в результате землетрясения. К примеру, Германия намерена поэтапно отказаться от ядерной энергетики в пользу природного газа и других альтернативных источников энергии.

Рост потребления и удаление основных рынков потребления от мест добычи природного газа порождает все новые и новые проекты по экспорту СПГ. В настоящее время в мире на стадии проектирования и строительства находятся более двух десятков крупнотоннажных СПГ-проектов как из традиционных, так и нетрадиционных источников. В частности, в России существует чуть менее десятка проектов строительства заводов по производству СПГ, крупнейшими из которых являются "Ямал СПГ", "Печора СПГ", "Штокман СПГ" и "Владивосток СПГ". Российская программа автономной газификации удаленных регионов ориентирована преимущественно на сжиженный природный газ. В результате в ближайшие десятилетия мировая энергетика столкнется с растущим дефицитом кадров в секторе сжиженного природного газа.

Производство, транспорт и хранение СПГ имеют свою специфику, которая, в свою очередь, определяет требования к подготовке кадров для этой отрасли.

Углеводородное сырье научились добывать и перерабатывать еще в XIX в., и на сегодняшний день потребление нефтепродуктов повсеместно тесно связано со всеми отраслями экономики. Использование природного газа долгое время было ограничено из-за того, что месторождения газа и основные рынки его потребления были разделены огромными расстояниями, а передавать газ по магистральным газопроводам человечество научилось только в 30-х гг. XX в.

Подготовка и переработка нефти, равно как и трубопроводный транспорт газа, осуществляются преимущественно при положительных температурах. Для этих отраслей подготовка специалистов ведется уже на протяжении многих десятилетий по всему миру.

Иначе обстоят дела с индустрией СПГ. Сжиженный природный газ, как компактная форма хранения и экономичной транспортировки на большие расстояния, получил промышленное воплощение только во второй половине XX в., с развитием малых и средних установок для покрытия

пиковых нагрузок газопотребления в США и с запуском первого в мире крупнотоннажного завода СПГ в Алжире, в 1964 г. ***В производстве СПГ соединились уже освоенные способы переработки углеводородного сырья и новые для нефтегазового комплекса криогенные технологии, или технологии глубокого охлаждения.*** Подобные криогенные технологии до этого применялись и применяются сегодня, но в значительно меньших масштабах, в индустрии технических газов – в производстве сжиженных азота, кислорода, водорода, гелия и других неорганических газов.

Производство СПГ представляет собой масштабный комплекс, включающий установки сепарации, абсорбции, адсорбции, ректификации, испарения и конденсации, нагрева и охлаждения, тепло- и массообменное оборудование, компрессоры, насосы, технологические трубопроводы, стационарные и мобильные изотермические резервуары, паровые или газовые турбины высокой производительности, электродвигатели, силовые установки, – и это только основное производство. А еще при каждом заводе СПГ существуют системы его жизнеобеспечения, куда могут входить производство электроэнергии, очистка сточных вод, опреснители морской воды, производство азота, различные системы безопасности и многие другие. Большинство установок основного производства работают при высоких давлениях, производство является взрыво- и пожароопасным, что определяет высочайшие требования по промышленной и экологической безопасности. Кроме того, криогенные температуры требуют применения особых материалов и теплоизоляции в оборудовании, диктуют специфические правила поведения персонала при эксплуатации предприятия.

Таким образом, ***специалист, пришедший в индустрию СПГ, должен обладать специфическими знаниями и навыками не только в области нефтегазового производства, нефте- и газохимии, но и в области криогенных технологий и оборудования.***

Как же обстоят дела в России с подготовкой кадров по этим направлениям?

Специалистов нефтегазового комплекса готовят в РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина (г. Москва), Уфимском государственном нефтяном техническом университете, Тюменском государственном нефтегазовом университете, Альметьевском государственном нефтяном институте, а также на специализированных кафедрах ряда университетов в Москве, Санкт-Петербурге, Ухте, Томске, Архангельске и других городах – всего в 42-х российских вузах. Но учебные программы практически не затрагивают криогенику.

Специалистов в области холодильной техники готовят в Московском энергетическом институте, МГТУ имени Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургском государственном университете низкотемпературных и пищевых технологий, Московском государственном университете пищевых производств, ряде технологических университетов (МГУИЭ, КНИТУ и др.), но направления подготовки не связаны с нефтегазовым производством.

За рубежом дела обстоят несравнимо лучше, тем более что и опыт эксплуатации заводов СПГ там намного богаче, чем в России.

Самые крупные научно-образовательные центры находятся в США. Здесь, владея английским языком, можно пройти трех-пятидневные курсы обучения, дающие общие представления о производстве, транспорте и хранении СПГ. Это Институт Газовых Технологий (Gas Technology Institute, Illinois), Хьюстонский университет (The University of Texas, Houston, Texas) и др. В портфеле программ профессиональной подготовки как очная, так и дистанционная и интерактивная формы обучения. Примером интерактивной формы самообучения является программа подготовки и сертификации операторов завода СПГ, выпущенная Институтом Газовых Технологий в 2006 г. на CD – "LNG Plant Operator Training and Certificate Program". Стоимость такого диска – 975 US$, его можно купить через Интернет. Кроме того, этой же организацией ведется и он-лайн обучение основам СПГ, транспорту и хранению СПГ, основам безопасности при производстве СПГ.

С некоторых пор в Европе и Австралии начали появляться образовательные центры, где организованы краткосрочные курсы общего ознакомления с производством СПГ. Продолжительность такого обучения – от одного до пяти дней. Судя по продолжительности программ, они дают наиболее общие представления об интересующем предмете.

С 2002 г. в Бельгии, в г. Брюгге существует Energy Delta Institute (EDI), международная энергетическая бизнес-школа, осуществляющая подготовку менеджеров преимущественно в области природного газа. Кстати, среди учредителей этой школы – Университет Гронингена и ОАО "Газпром".

Крупные нефтегазовые компании, такие как Total, Shell, Eni и др., имеют корпоративные учебные центры, где уже более основательно готовят своих специалистов для своих проектов по собственным, в подавляющем большинстве случаев закрытым, образовательным программам.

Где же найти готовых специалистов в области СПГ в России тем компаниям, которые сегодня планируют строительство больших заводов и малотоннажных установок по производству сжиженного природного газа? Можно, конечно, если позволяют средства, привлекать специалистов из-за рубежа, но даже у больших компаний не хватит средств, чтобы посадить на все должности и рабочие места иностранных специалистов.

Выход один – надо готовить специалистов разного уровня в России.

В этом направлении в РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина уже ведется большая работа, и мы готовы рассказать о тех возможностях, которые открываются перед компаниями, заинтересованными в подготовке кадров в области СПГ.

Уже два года в университете, на кафедре оборудования нефтегазопереработки, ведется обучение по программе магистерской подготовки "Техника и технологии производства сжиженного природного газа" в рамках направления магистратуры "Технологические машины и оборудование". На протяжении двух лет магистранты осваивают помимо общих дисциплин направления подготовки следующие специальные дисциплины программы:

Термодинамические основы получения СПГ;

Машины и аппараты для производства СПГ;

Основы конструирования СПГ-оборудования;

Оборудование для транспорта и хранения СПГ;

Производство и регазификация СПГ;

Безопасность технологических процессов производства СПГ.

В основе трех первых дисциплин лежит научная и учебно-методическая школа МГТУ имени Н.Э. Баумана, кафедры "Холодильная, криогенная техника. Системы кондиционирования и жизнеобеспечения".

В этом году по разработанной программе магистерской подготовки будут выпущены 3 магистра техники и технологии, в следующем году – 5.

Мы понимаем, что на данном этапе нет необходимости массового выпуска специалистов в области СПГ, так как еще не построены заводы. Группы магистрантов малочисленны, по 3–5 человек, но заинтересованные компании уже могут без больших финансовых вложений получить готовых специалистов для своих проектных и технологических отделов. Также понятно, что выпускник, пришедший в компанию, будет уже на месте продолжать приобретать необходимые знания и навыки в соответствии со спецификой своего рабочего места. Но он уже будет обладать достаточной базой, чтобы максимально быстро встроиться в производственный процесс.

Первая выпускница магистратуры кафедры со специализацией в области СПГ уже успешно работает на Сахалине, в компании "Сахалин Энерджи".

Кроме программы магистерской подготовки, в Губкинском университете еще в 2006 г. была создана программа дополнительного профессионального образования с присвоением дополнительной квалификации "Специалист по производству сжиженных газов" (аналог второго высшего образования). После тщательного анализа программ обучения ведущих зарубежных нефтегазовых компаний программа была несколько перестроена, и теперь представляет собой долгосрочную программу профессиональной переподготовки специалистов в области СПГ, имеющих высшее техническое образование. Продолжительность обучения – 1,5–2 года. Программа разделена на 7 двухнедельных учебных модулей. На протяжении 6-ти модулей ведется теоретическое и практическое обучение, 7-й модуль отводится для итоговой государственной аттестации.

Каждый учебный модуль включает в себя учебные дисциплины, объединенные основной тематикой, отражающей то или иное звено в производственно-сбытовой цепи СПГ. Первый модуль посвящен разработке газовых и газоконденсатных месторождений и химической переработке природного газа. Второй – теоретическим основам криогенной техники, структуре и технологиям производства СПГ. В третьем модуле более подробно изучаются материалы и оборудование для сжижения природного газа, в четвертом – технологии и оборудование для транспортировки и хранения СПГ. На протяжении пятого модуля слушатели осваивают нормативную документацию, экономику производства СПГ и вопросы промышленной, экологической безопасности и охраны труда на производстве СПГ. Шестой модуль посвящается проектированию и эксплуатации предприятий СПГ. Между модулями, как правило, это 1,5–3 мес., идет самостоятельная работа слушателей и общение с преподавателями посредством Интернета. Как видно из содержания, цель программы – подготовка специалистов широкого профиля для всей производственно-сбытовой цепи СПГ.

Читают лекции и ведут практические занятия профессора и доценты Губкинского университета, МЭИ-ТУ и МВТУ имени Н.Э. Баумана. Ведущий нефтегазовый вуз России обеспечивает нефтегазовую составляющую программы, преподаватели Московского энергетического института и Бау-

манского университета дают теорию и практику криогенных технологий и оборудования.

Помимо профессиональных преподавателей высшего технического образования, при реализации программ профессиональной переподготовки существует практика привлечения в качестве лекторов специалистов ведущих научных и производственных предприятий. Это предоставляет слушателям возможность получить знания из первых рук, дает представление о современном положении в отрасли СПГ по самым разным аспектам. К преподаванию на программе "Специалист по производству сжиженных газов" привлечены специалисты российских предприятий, обладающих опытом создания оборудования, средств транспортировки и хранения, эксплуатации малых и крупных производств СПГ, таких как "Сахалин Энерджи", ОАО "НПО "Гелиймаш", НПФ "ЭКИП", "Криогенмаш", ОАО "Туполев", ЦНИИМФ, ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, ООО "Газпром ВНИИГАЗ", специалисты ряда зарубежных компаний.

Опыт непосредственного общения с представителями компаний говорит о том, что наряду с дальнейшим совершенствованием уже существующих программ обучения предстоит разработать целый спектр программ для специалистов разного уровня в области производства, транспорта, хранения и использования СПГ. В зависимости от потребностей компаний к долгосрочным программам добавятся краткосрочные программы профессиональной переподготовки и повышения квалификации, которые должны обеспечить квалифицированными кадрами будущие объекты производства, хранения, транспортировки и использования СПГ, диспетчерские службы и инженерные центры. В этом должны помочь сами компании, так как кому, как не им самим определять те профессиональные компетенции, которыми должен обладать требуемый специалист. А уже под озвученные компетенции, на основе учебно-методической базы ведущего нефтегазового вуза страны, в сотрудничестве с лучшими кафедрами холодильной техники, будут разработаны необходимые обучающие программы. И тогда компании получат именно тех специалистов, в которых они нуждаются.

Осенью 2011 г. ряд предприятий, в том числе и ОАО "Газпром", направили своих сотрудников в РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина для профессиональной переподготовки. В феврале 2013 г. состоялся первый выпуск специалистов по производству сжиженного природного газа, обучившихся по данной программе. Программа еще не завершена, готовы только четыре первых модуля. Но, пользуясь случаем, хочу отметить следующее.

В России до сего момента ни в одном из учебных заведений не готовили специалистов в области СПГ. В РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина магистерская программа "Техника и технологии производства сжиженного природного газа" и программа ДПО "Специалист по производству сжиженных газов" реализуются впервые. Хочу поблагодарить моих коллег по Губкинскому университету, которые не пожалели своего времени и разработали новые курсы лекций для этих программ. Особую благодарность выражаю доценту МГТУ имени Н.Э. Баумана, по совместительству генеральному директору ЗАО "Холод Газ Инжиниринг" Л.Б. Волокитину и доценту МЭИ-ТУ В.И. Могорычному, одним из лучших преподавателей в области криогеники, вложивших свои знания и опыт в реализацию данных программ.

Труднее всего было с привлечением специалистов промышленности, так как Россия сильно отстает от всего мира по развитию СПГ-индустрии. Приходилось по крупицам собирать информацию о предприятиях и научных организациях. Большую помощь в обеспечении привлеченных лекторов из промышленности оказал бывший главный редактор журнала "АГЗК+АТ" В.В. Дементьев. Хочу выразить благодарность всем профессионалам, кто откликнулся и согласился поделиться практическим опытом со слушателями и магистрантами в РГУ нефти и газа.

Сотрудничество вуза в разработке программ обучения и профессиональной переподготовки с нефтегазовыми компаниями, заинтересованными в подготовке специалистов в области СПГ, и с действующими российскими и зарубежными предприятиями и научными организациями, обладающими практическим опытом в этой области, должны стать основой системы подготовки кадров для российского сектора индустрии СПГ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Рачевский Б.С.** Сжиженные углеводородные газы. М.: Нефть и газ, 2009.

2. **Федорова Е.Б.** Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011.

3. **International** Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2011. Special Report: Are We Entering A Golden Age Of Gas. 2011.

4. http://www.gastechnology.org.

5. http://www.energydelta.org.

УДК 629.113

УПРАВЛЕНИЕ СОСТАВОМ БИНАРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВС

М.А. Береснев, канд. техн. наук,
А.Л. Береснев, Технологический институт "Южного федерального университета", г. Таганрог

В статье рассмотрена задача управления составом топливной смеси, состоящей из бензина и сжиженного газа (бинарное топливо) для эффективной работы двигателя внутреннего сгорания. Разработана схема регулирования состава бинарного топлива, которая для различных режимов работы и в зависимости от потребностей водителя на основании математической модели крутящего момента двигателя определяет соотношение бензин/сжиженный газ результирующего топлива. Проведены эксперименты, продемонстрировавшие увеличение крутящего момента и мощности двигателя как по сравнению с известными подходами к управлению составом бинарного топлива, так и по сравнению с показателями на чистом сжиженном газе или бензине.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, бинарное топливо, управление составом топлива.

BINARY FUEL COMPOSITION CONTROL TO IMPROVE IC ENGINE PERFORMANCE

M.A. Beresnev, Ph.D, Taganrog Institute of Technology, Southern Federal University,
A.L. Beresnev, Taganrog Institute of Technology, Southern Federal University

Authors consider a task of control of fuel mixture, composed of gasoline and liquefied petroleum gas (binary fuel) for effective IC engine operation. Developed binary fuel composition control scheme, depending on various operating conditions and driver's requirements defines necessary gasoline/liquefied gas ratio using proposed torque mathematical model. Experiments proved predicted increase of engine torque and power, comparing to known methods not only for engine, running fuel mixture, but also for pure gasoline and liquefied petroleum gas.

Keywords: internal combustion engine, binary fuel, fuel composition control.

Вопросам использования альтернативных топлив для улучшения эксплуатационных, экологических и технических характеристик бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) посвящено множество теоретических и экспериментальных исследований, как в нашей стране, так и за рубежом. Установлено, что помимо преимуществ их использование связано и с какими-либо недостатками. Например, применение широко распространенного в России сжиженного газа вместо бензина обеспечивает не только значительное снижение токсичности отработавших газов и расходов на топливо, но и приводит к уменьшению крутящего момента в среднем и верхнем диапазоне оборотов коленчатого вала в области больших нагрузок, а также к снижению максимальной мощности ДВС. Среди известных способов нейтрализации отрицательных эффектов сжиженного газа интересен вариант добавления бензина в газо-воздушную смесь с образованием так называемого бинарного топлива. Работы в данном направлении велись А.С. Орлиным, М.Г. Левашовым, А.Г. Жихаревым [1–4] и другими учеными. Были предложены методы управления ДВС при работе на бинарной топливной смеси, которые, по сравнению с бензиновыми ДВС, обеспечивают снижение выбросов вредных веществ, расходов на топливо и увеличение межсервисных интервалов, а при сравнении с газовыми – позволяют увеличить мощность и продлить срок службы компонентов топливной системы и выпускных клапанов. Существующие методы различаются вариантами управления составом бинарного топлива (соотношением бензин/сжиженный газ) и дают хорошие результаты, однако изучение характера горения бензина и сжиженного газа позволило авторам выдвинуть предположение о наличии возможностей для улучшения мощностных характеристик ДВС, не используемых в известных методах. Поэтому была поставлена задача проверки этих предположений и, в случае подтверждения, разработки нового варианта управления составом бинарного топлива, который позволит

увеличить крутящий момент и снизить эксплуатационные расходы по сравнению с существующими методами.

Этапы разработки

Решение поставленной задачи было разбито на следующие основные этапы:

разработка модели расчета крутящего момента ДВС при работе на бинарной топливной смеси, необходимой для исследования рабочего процесса и теоретической проверки выдвинутых положений;

разработка схемы регулирования состава бинарной топливной смеси, обеспечивающей наилучшие эксплуатационные и экологические показатели ДВС в зависимости от потребностей водителя;

экспериментальная проверка полученных в результате моделирования зависимостей и уточнение алгоритма, модели и схемы по полученным данным.

Модель крутящего момента и схема управления составом бинарного топлива могут использоваться в качестве основы для метода управления ДВС при работе на бинарной топливной смеси. Их взаимосвязи и роли в составе метода управления представлены на рис. 1.

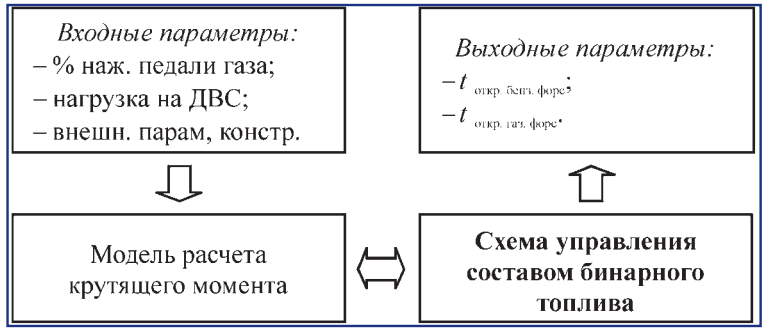


Рис. 1. *Взаимосвязи схемы управления составом бинарного топлива*

Математическая модель расчета крутящего момента необходима для исследования рабочего процесса двигателя при использовании бинарного топлива и оценки индикаторных параметров в зависимости от угла опережения зажигания, оборотов коленчатого вала (КВ), соотношения бензина и сжиженного газа, а также условий внешней среды. Разработка этой модели подробно описана авторами в работе [5]. Полученная модель связывает частоту оборотов коленчатого вала, доли пропан-бутана и бензина в бинарном топливе и параметры окружающей среды с крутящим моментом ДВС, а также предоставляет данные для составления схемы регулирования состава бинарного топлива.

Схема управления составом бинарного топлива необходима для выбора состава топливной смеси в соответствии с некоторыми правилами. Поскольку при моделировании было установлено, что различные соотношения бензин/сжиженный газ (L) обеспечивают различную мощность и крутящий момент двигателя, а также существенно влияют на экологические и экономические показатели ДВС, стало возможным с одной стороны предоставить водителю максимальную мощность при высоких нагрузках и обеспечить чистоту отработавших газов при нагрузках низких. Разработанная на этих принципах схема представлена на рис. 2.

В соответствии с предложенной схемой запуск двигателя всегда осуществляется на бензине, количество которого зависит от температуры охлаждающей жидкости (ОЖ). В момент пуска используется предварительно заданный УОЗ. Доля бензина на оборотах холостого хода уменьшается пропорционально росту температуры ОЖ вплоть до достижения температуры 40 °С. Для поддержания холостого хода (ХХ) прогретого двигателя используется чистый газ в связи с незначительной скоростью воздушного потока и плохими условиями создания гомогенной бензино-воздушной смеси.

В режиме частичных нагрузок (0...40 %), который статистически используется чаще всего, из экологических и экономических соображений выбирается смесь состава L_{eco}, с небольшим содержанием бензина, при котором активные центры, полученные из его молекул, позволяют интенсифицировать процесс горения, но общая цена расходуемого бинарного топлива лишь незначительно превышает цену газа, затраченного на тот же участок пути. Кроме того, подача небольшого количества бензина позволяет избежать перегрева, за-

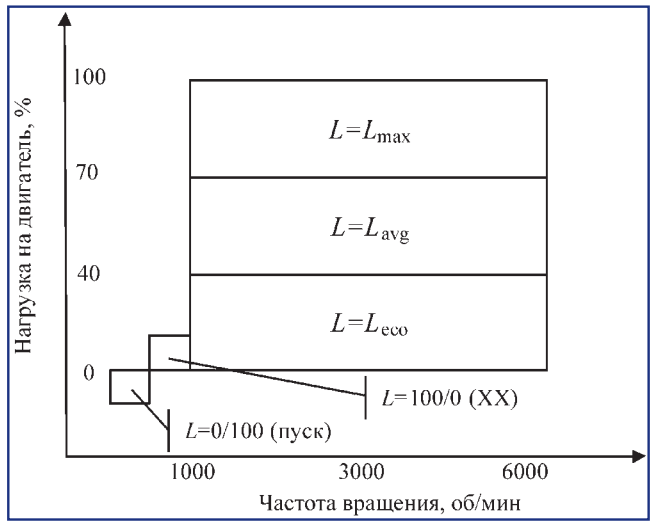


Рис. 2. *Схема управления составом бинарного топлива*

грязнения и быстрого выхода из строя бензиновых форсунок, что возможно при их длительном простое [2]. В режиме средних нагрузок (40...70 %) в зависимости от степени нажатия на педаль газа доля сжиженного газа в бинарном топливе снижается (состав L_{avg}) для увеличения крутящего момента двигателя. А в режиме высоких нагрузок (70...100 %) используется мощностной состав бинарной смеси L_{max}, который обеспечивает максимальный крутящий момент ДВС.

Экспериментальная проверка и уточнения

Для проверки предложенной схемы была проведена серия экспериментов, в ходе которых изучалось влияние состава бинарного топлива на внешние скоростные характеристики и бездетонационную работу двигателя внутреннего сгорания. Проведение экспериментов было обеспечено специально разработанным испытательным стендом, состоящим из следующих компонентов (см. рис. 3): автомобиль ваз 2110, с установленной системой модифицированного газобалонного оборудования, газовые форсунки которой находились под управлением специального программного обеспечения штатного электронного блока управления двигателем (подробно использованная система впрыска описана в работе [6]); устройство для съема мощности и момента двигателя, в качестве которого использовался комплекс МАНА LPS3000; выполненный авторами датчик для регистрации максимума давления в цилиндре (устройство и конструкция которого приведены в работе [7]); устройство для съема информации с вышеуказанного датчика и импульса свечи зажигания, для чего был выбран мотортестер MotoDoc II; устройство мониторинга диагностических параметров, функции которого выполнял сканер ScanDoc; средство записи и визуализации полученных сигналов, для чего был использован персональный компьютер с установленным программным обеспечением Quantex; инструментарий для обратной связи по кислороду, который включал программно-аппаратный комплекс Матрица, п/о InjectorOnline и широкополосный датчик кислорода Innovate LM-1.

Методика проведения экспериментов, цели, задачи и результаты подробно описаны авторами в работах [8, 9]. По полученным в ходе испытаний данным был сделан ряд уточнений, в частности для значений составов смесей при различных нагрузках. Так, значение L_{eco} для режима частичных нагрузок составило 20/80, для средних нагрузок выбрано постепенное увеличение доли бензина в зависимости от нагрузки по формуле (1), а для мощностного режима состав смеси изменяется в зависимости от скорости вращения коленчатого вала по формуле (2):

$$L_{avg} = \begin{cases} 30/70, & 40\,\% < \text{load} \le 55\,\%; \\ 40/60, & 55\,\% < \text{load} \le 70\,\%, \end{cases} \quad (1)$$

$$L_{max} = \begin{cases} 80/20, & XX < \text{rpm} \le 2200; \\ 40/60, & 2200 < \text{rpm} \le 2800; \\ 60/40, & 2800 > \text{rpm}. \end{cases} \quad (2)$$

Результаты и выводы

Предлагаемая схема управления составом бинарного топлива, состоящем из смеси бензина и

Рис. 3. *Схема стенда для проведения экспериментов*

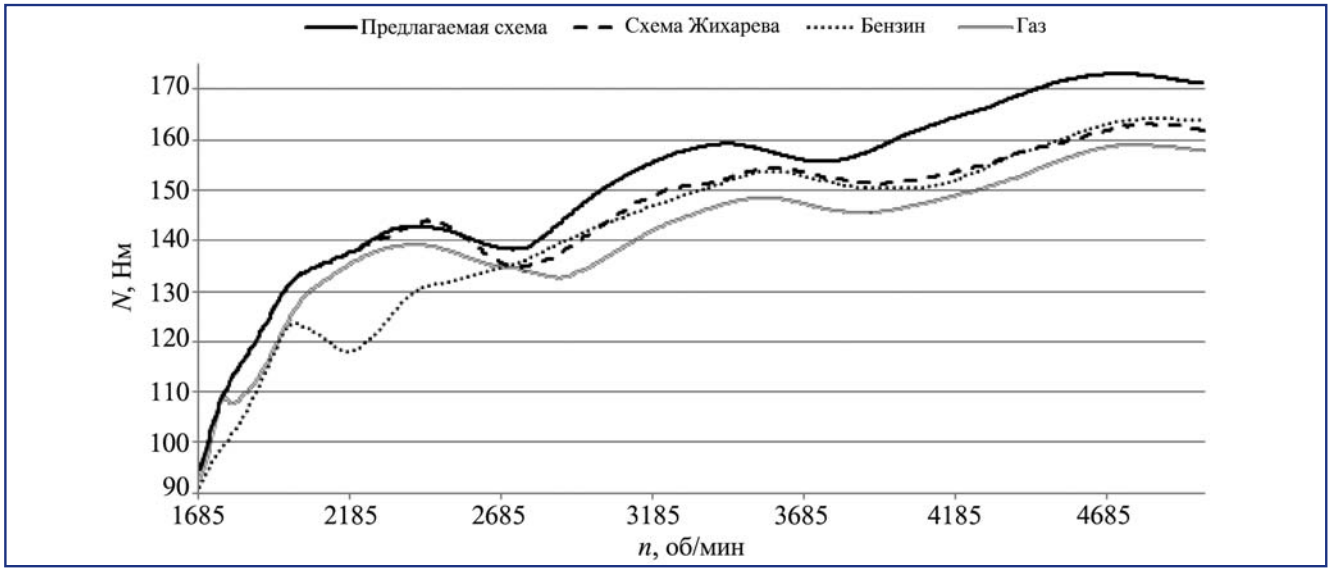


Рис. 4. Сравнение предлагаемой схемы с известными

сжиженного газа, позволяет увеличить крутящий момент на 7...9 % по сравнению с известными схемами при незначительном ухудшении общих экологических характеристик за счет увеличения количества вредных веществ в отработавших газах в кратковременные интервалы работы ДВС под высокой нагрузкой.

Кроме того, предлагаемая схема позволяет увеличить крутящий момент не только по сравнению с газовым двигателем и двигателем, работающем на бинарном топливе по существующим схемам, но и по сравнению с самым мощным вариантом – двигателем, работающем на чистом бензине. По результатам экспериментов, прибавка крутящего момента составила 5 % в максимальных показателях и 10 % – в области низких оборотов. При этом использование смеси бензина и сжиженного газа гарантирует лучшие экологические показатели.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Орлин А.С.** Двигатели внутреннего сгорания. Т. 1 / А.С. Орлин, Д.Н. Вырубов, Г.Г. Калиш, М.Г. Круглов, О.Б. Леонов, С.Е. Лебедев, Б.Г. Либрович, М.М. Чурсин. М.: Изд-во машиностр. лит., 1957. 397 с.

2. **Левашов М.Г.** Повышение эффективности эксплуатации газобаллонных автомобилей путем применения комбинированной системы впрыска : дисс. ... канд. техн. наук. СибАДИ–Оренбург, 2007. 120 с.

3. **Пат. 2216636.** Способ подачи и смешения газа и бензина в карбюраторную систему двигателя внутреннего сгорания и устройство для его реализации / А.Г. Жихарев, В.А. Марков. № 2001119758/06. Заявл. 16.07.2001. Опубл. 20.11.2003.

4. **Пат. 2211360.** Двухтопливная система питания для газового двигателя внутреннего сгорания / Н.Г. Певнев, А.В. Трофимов, И.В. Хамов (Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия). № 2002101937/06. Заявл. 23.01.2002. Опубл. 27.08.2003.

5. **Beresnev M.A.** Mathematical Model of Gasoline-Liquefied Gas Mixture Combustion For IC Engine Control / M.A. Beresnev, A.L. Beresnev // International Scientific Periodical "Modern Fundamental And Applied Researches". 2011. № 4. P. 58–61.

6. **Береснев М.А.** Разработка датчика для определения момента достижения максимума давления в цилиндре двигателя внутреннего сгорания / М.А. Береснев, А.Л. Береснев // Материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. "Автомобиль и техносфера" (ICATS'2011). Казань. 15–17 июня 2011 г. Казань: ЗАО "Мир без границ", 2011. С. 226.

7. **Береснев М.А.** Разработка системы впрыска бинарного топлива / М.А. Береснев, А.Л. Береснев // Материалы междунар. науч.-практ. конф. "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2011". Одесса: Черноморье, 2011. Вып. 4. Т. 2. С. 9–11.

8. **Береснев М.А.** Оптимизация угла опережения зажигания для достижения максимального крутящего момента двигателя внутреннего сгорания с помощью бинарного топлива / Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 1. С. 33–38.

9. **Береснев М.А., Береснев А.Л.** Особенности контроля детонации при использовании бинарного топлива / М.А. Береснев, А.Л. Береснев // Сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.-практ. конф. "Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте–2011". Одесса: Черноморье, 2011. Т. 1. С. 56–58.

СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА "НАУКА"

Артамонов Евгений Анатольевич, главный инженер, заместитель генерального директора ОАО "Газпром Промгаз", г. Москва

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

Львов Михаил Витальевич, Общество с ограниченной ответственностью Производственный научно-технический центр "ЭОН" (ООО ПНТЦ "ЭОН") г. Москва, Россия

Кочеткова Ирина Владиславовна, Общество с ограниченной ответственностью Производственный научно-технический центр "ЭОН" (ООО ПНТЦ "ЭОН") г. Москва, Россия

Панин А.А., ООО ПНТЦ "ЭОН" г. Москва, Россия

Завьялов В.И. ОАО "Газпром Промгаз", г. Москва

Грязнов Кирилл Олегович, аспирант кафедры "Технологии нефтехимического синтеза и искусственного жидкого топлива имени А.Н. Башкирова" (НХСиИЖТ), науч. сотр. отдела "Новые химические технологии и наноматериалы", Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов" (ФГБНУ ТИСНУМ), 142190, Московская обл., г. Троицк, ул. Центральная, 7а, тел. +79168264456; e -mail: gryaznovkirill@tisnum.ru

Ермолаев Вадим Сергеевич, канд.физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.отдела "Новые химические технологии и наноматериалы" ФГБНУ ТИСНУМ, 142190, Московская обл., г. Троицк, ул. Центральная, 7а, тел. +79263638479; e-mail : v.ermolaev@tisnum.ru

Митберг Эдуард Борисович, канд.хим. наук, вед. науч.сотр. отдела "Новые химические технологии и наноматериалы" ФГБНУ ТИСНУМ, 142190, Московская обл., г. Троицк, ул. Центральная, 7а, тел. +79262466699; e-mail: mitbergEB@tisnum.ru

Мордкович Владимир Зальманович, д-р хим. наук, зав. отделом "Новые химические технологии и наноматериалы", ФГБНУ ТИСНУМ, 142190, Московская обл., г. Троицк, ул. Центральная, 7а, тел. +79104533189; e-mail: mordkovich@tisnum .ru

Федорова Елена Борисовна, зам. зав. кафедрой оборудования нефтегазопереработки РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, доцент, канд. техн. наук. Тел. раб.: +7-499-135-72-60, +7-985-155-00-18

Кирчевская Елена Викторовна, соискатель кафедры, ИТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова

Панова Светлана Анатольевна, доцент кафедры ИТ МИТХТ им. М.В. Ломоносова

Береснев Алексей Леонидович, канд. техн. наук, технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" в г. Таганроге, Кафедра "Электроники и мехатроники", доцент, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, e-mail: alex_te6@mail.ru; tel.: 8(8634)681-894

Береснев Максим Алексеевич, технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Южный федеральный университет" в г. Таганроге, Кафедра электроники и мехатроники, ассистент, 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, e-mail: max_tr6@mail.ru; тел.: 8 (8634) 681-894

Artamonov Evgeny Anatol'evich, chief engineer, deputy general director of JSC "Gazprom Promgaz", Moscow

Shchankina Vera Gennad'evna, post-graduate student, junior researcher LLC "NIAP-Catalyst", tel.: +7 (48762) 7-18-18 (доб. 4-09); e-mail: vesat@yandex.ru

L'vov Mihail Vital'evich, Ltd. PNTTS "EON"

Kochetkova Irina Vladislavovna, Ltd. PNTTS "EON"

Panin A.A., Ltd. PNTTS "EON"

Zav'yalov V.I., OAO "Gazprom Promgaz", Moscow

Gryaznov Kirill Olegovich, post-graduate student, the TNHS and IZHT department, the MITHT after named M.V. Lomonosov, researcher of "New chemical technology and nanomaterials" department, FSBSI "Tecnhologicall institute for superhard and novel carbon materials" (FSBSI TISNCM). e-mail: gryaznovkirill@tisnum.ru

Ermolaev Vadim Sergeevich, candidate of phys.-math. sc., leading researcher, "New chemical technology and nanomaterials" department, FSBSI TISNCM. e-mail: v.ermolaev@tisnum.ru

Mitberg Eduard Borisovich, candidate of chem. sc., leading researcher, "New chemical technology and nanomaterials" department, FSBSI TISNCM. e-mail: mitbergEB@tisnum.ru

Mordkovich Vladimir Zal'manovich, doctor of chem. sc., head of the "New chemical technology and nanomaterials" department, FSBSI TISNCM. e-mail: mordkovich@tisnum.ru

Fedorova Elena Borisovna, senior lecturer, candidate of sciences Gubkin Russian State University of Oil and Gas

Kirchevskaya Elena Viktorovna, the applicant of the IT Department the MITHT after named M.V. Lomonosov

Panova Svetlana Anatol'evna, associate professor of IT Department, MITHT after name M.V. Lomonosov

Beresnev A.L., Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University" Department of Electronics and Mechatronics; assistant. Russia, 347928, Taganrog, Nekrasovskiy str., 44; e-mail: alex_tx6@mail.ru; tel.: 8 (8634) 681-894

Beresnev M.A., Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University" Department of Electronics and Mechatronics; assistant. Russia, 347928, Taganrog, Nekrasovskiy str., 44; e-mail: max_tr6@mail.ru; tel.: 8(8634)681-894

ВИКТОР ЗУБКОВ: В БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ ЖИТЕЛИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ СМОГУТ ОЦЕНИТЬ ПРЕИМУЩЕСТВА ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА

В Санкт-Петербурге председатель Совета директоров ОАО "Газпром", председатель правления – генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" и губернатор Ленинградской области Александр Дрозденко подписали Соглашение о расширении использования в качестве топлива.

Александр Дрозденко и Виктор Зубков во время подписания

В соответствии с документом правительство области обеспечит создание парка автобусной, коммунальной, дорожно-транспортной и сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе, и оснащение производственно-технической базы для ее эксплуатации, в том числе с привлечением финансовых инструментов ОАО "Газпромбанк" по лизингу. Правительство будет содействовать обеспечению не менее 15 % загрузки вновь вводимых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) сразу после их пуска в эксплуатацию, 65 % – к началу второго года работы и 70 % – к началу третьего. В пределах своей компетенции правительство будет содействовать принятию нормативных актов, стимулирующих применение природного газа в качестве моторного топлива.

"Газпром газомоторное топливо" обеспечит строительство в регионе объектов газомоторной инфраструктуры: АГНКС, многотопливных заправочных станций и пунктов сервисного обслуживания техники, использующей природный газ. Кроме того, будет организована заправка техники природным газом с применением передвижных автогазозаправщиков. Компания окажет содействие в обучении инженерно-технического персонала и водителей правилам обслуживания и эксплуатации газомоторной техники.

Правительство Ленинградской области и "Газпром газомоторное топливо" сформируют рабочую группу, которая к ноябрю 2013 г. представит пере-

Виктор Зубков

Александр Дрозденко

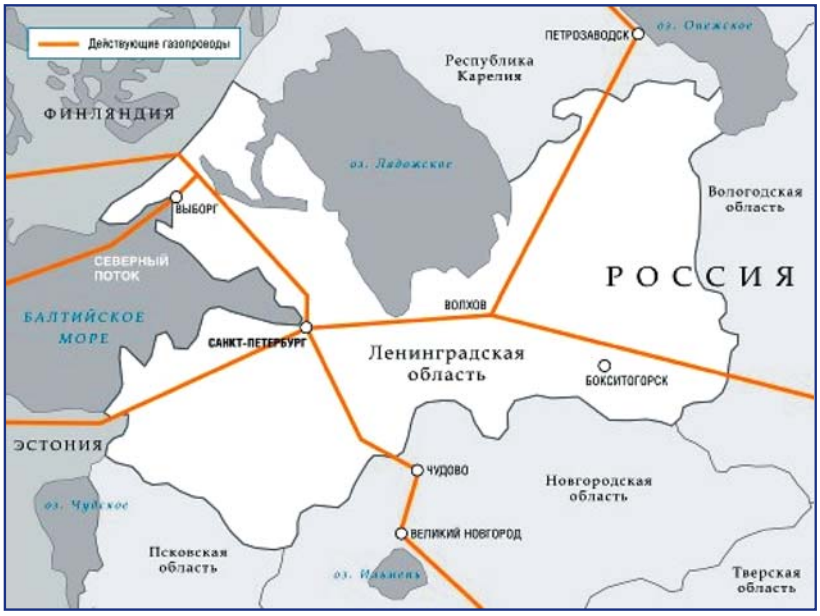


Схема магистральных газопроводов в Ленинградской области

чень первоочередных объектов строительства газозаправочных мощностей.

"Использование на транспорте природного газа гораздо экономичнее и экологичнее, чем традиционных видов топлива. Убежден, что в ближайшие годы жители Ленинградской области смогут по достоинству оценить эти преимущества", — сказал Виктор Зубков.

Управление информации ОАО "Газпром"

МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД ИЗГОТОВИЛ ПЕРВЫЕ ОБРАЗЦЫ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ОАО "Минский моторный завод" (ММЗ) разработало конструкции газодизельных двигателей с одновременным использованием двух видов топлива — дизельного и газа. Изготовлены первые образцы таких моторов для автомобиля, трактора, биогазового комплекса, сообщили корреспонденту на предприятии.

Работа по созданию газодизельных двигателей ведется с немецкими компаниями Heinzmann и Bosch. Реализация проекта рассчитана на 2013–2015 гг., его стоимость – Br75,5 млрд. На первом этапе это будут двухтопливные двигатели (газодизели), а в перспективе созданы газовые двигатели. Первые образцы моторов предприятие планирует в нынешнем году отправить заказчику. Параллельно идут работы по проектированию на заводе газовой моторной лаборатории.

На Минском моторном заводе также рассказали о реализации ряда других проектов. Среди них производство 4- и 6-цилиндровых дизельных двигателей мощностью от 80 до 350 л.с. уровня экологической безопасности Евро-4, 5, 6 для автомобилей и автобусов, Stage 3B и 4 для внедорожной техники. Проект рассчитан на 2011–2015 гг., его стоимость составляет Br131 млрд. За это время созданы модификации дизелей стандартов Евро-4 и Stage-3B, идет их серийное производство. Ведутся работы по созданию двигателей Евро-6 и Stage-4. В 2014 г. планируется начало серийного производства двигателей Stage-4, а с 2015 г. – Евро-5.

Вместе с Тутаевским моторным заводом (Россия) и европейскими фирмами идет работа по созданию двигателей мощностью от 400 до 1000 л.с.

И еще один крупный инвестиционный проект Минского моторного завода — создание современного производства высокоточного и высокопрочного чугунного литья по государственной программе инновационного развития Беларуси на 2011–2015 гг. Новый завод строится в Столбцах на территории филиала Минского моторного завода. Реализация проекта позволит снизить себестоимость выпускаемой продукции, создавать дизельные двигатели, соответствующие лучшим мировым аналогам, решить проблему импортозамещения и производства инновационной продукции. Выход на проектную мощность полностью обеспечит потребность ММЗ в чугунном литье, при этом около 20 % продукции будет реализовываться на экспорт в страны ближнего и дальнего зарубежья. Срок реализации проекта – 2012–2017 гг., ориентировочная стоимость – 120 млн евро.

В эти дни ОАО "Минский моторный завод" – управляющая компания холдинга "Минский моторный завод" отмечает 50-летие основания предприятия. За 50 лет существования Минский моторный завод изготовил более 5,2 млн шт. двигателей. Ежегодно с конвейера сходит около 100 тыс. дизелей более чем 40 модификаций в диапазоне мощностей от 25 до 440 кВт, предназначенных для установки на различную технику: сельскохозяйственную, дорожно-строительную, лесоуборочную, на автомобили и автобусы, энергоустановки, компрессоры и другие агрегаты. Минский моторный завод акционирован в 2009 г., в 2012-м создан холдинг "Минский моторный завод", входит в систему предприятий Министерства промышленности Беларуси.

НОВГОРОДСКИЕ ВЛАСТИ УСКОРЯТ ПЕРЕВОД АВТОТЕХНИКИ НА ГАЗ

Губернатор Новгородской области Сергей Митин считает, что нужно ускорить перевод автотехники региона на газомоторное топливо – речь идет, в первую очередь, об общественном транспорте, автомобилях коммунальных служб, строительной и сельскохозяйственной технике. Как сообщает корреспондент ИА REGNUM, об этом глава региона заявил на заседании регионального правительства.

Митин подчеркнул, что Новгородская область вошла в число 31 субъекта РФ, где в 2013–2014 гг. ОАО "Газпром" построит новые газонаполнительные станции для транспорта, работающего на метане (компримированный природный газ). Заправочная станция появится в Великом Новгороде, еще две станции власти хотят построить в Боровичах и Старой Руссе. "Количество станций будет напрямую зависеть от автомобилей, потому что пока "Газпром", строя эти станции, находится в убытке. Нужны потребители", – сообщил губернатор Новгородской области Сергей Митин.

Он отметил, что в Великом Новгороде сейчас 57 % общественного транспорта переведено на газ, по области – всего 27 %, но только потому, что единственная заправочная станция в регионе находится в областном центре. Митин заявил, что "необходимо рассмотреть возможности льготного налогообложения для тех предприятий, которые будут переводить свой транспорт на газомоторное топливо". По его словам, муниципалитетам предложено пересмотреть формирование своего муниципального заказа на перевозку пассажиров и предпочтение отдавать тем компаниям, которые работают на экологичном газовом топливе.

"Необходим перевод на газомоторное топливо, прежде всего, коммунального транспорта, строительной техники и сельскохозяйственной техники – тракторов, комбайнов. Для нас это очень актуально, потому что сразу на треть снижаются затраты", – сказал Сергей Митин.

Напомним, ускорить разработку комплекса мер по стимулированию использования газа в качестве моторного топлива поручил правительству в мае президент РФ Владимир Путин. На совещании в "Газпроме" председатель правления – генеральный директор ООО "Газпром газомоторное топливо" Виктор Зубков сообщил, что в рамках инвестиционной программы на 2013–2014 гг. в объеме 13,8 млрд руб. будут спроектированы и построены более 300 объектов газомоторной инфраструктуры в 31 субъекте РФ. Прежде всего, речь идет об автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), а также о пунктах переоборудования и технического обслуживания автотранспорта.

ИА REGNUM

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПГ В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

А.А. Ким, М.В. Коротков (ОАО "Газпром газэнергосеть")

Внушительные запасы, экономическая привлекательность, уникальные экологические и технологические свойства делают природный газ мировым лидером среди альтернативных источников топлива. В России есть все условия для развития использования сжиженного природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива. Однако отсутствие единой нормативной базы по СПГ сдерживает этот процесс. Одним из приоритетных направлений деятельности ОАО "Газпром газэнергосеть" является формирование единой нормативной базы в области регулирования применения СПГ.

В настоящее время актуальность перевода российского автопарка на альтернативное топливо продиктована нарастающим дефицитом основных энергоносителей и увеличением цен на традиционные виды нефтяного топлива, а также ужесточением экологических требований к автомобильному транспорту. По оценкам аналитиков, рост цен на нефтяные моторные топлива на территории Российской Федерации за последние пять лет составил в среднем более 100 %. По прогнозам Мирового энергетического агентства, нехватка нефти в 2025 г. будет оцениваться в 14 %, что в несколько раз больше, чем в текущем году.

В условиях российской действительности использование природного газа является наилучшей альтернативой, исходя из того, что запасы природного газа в России составляют 32 % от мировых. С точки зрения экономики использование газового топлива целесообразно в связи с сокращением расходов на покупку топлива в среднем на 40 %. С точки зрения экологии при сжигании газового топлива снижается уровень выбросов парниковых газов в атмосферу более чем на 25 % и образуется в несколько раз меньше вредных компонентов (оксид углерода, оксид азота и др.), чем от нефтяных видов топлива.

В настоящее время в России природный газ в качестве моторного топлива используется в основном в компримированном состоянии для хранения на борту автомобильного транспортного средства. Производство и реализация компримированного природного газа (КПГ) осуществляются на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС). На начало 2011 г. инфраструктура российского рынка производства и реализации КПГ включала 244 АГНКС.

Современные социально-экономические в Российской Федерации создают предпосылки для развития технологий по производству и использованию в качестве моторного топлива СПГ. Сжиженный природный газ – это качественное моторное топливо, обладающее высокой теплотворной способностью и хорошими антидетонационными свойствами. Октановое число у природного газа примерно на 15 % выше, чем у бензина марки АИ-92. СПГ представляет собой криогенную жидкость без цвета и запаха, плотность которой в 2 раза меньше плотности воды. Температура кипения СПГ, т.е. температура, при которой он начинает испаряться, равна – 162 °С.

Главные преимущества технологии СПГ при использовании его на автотранспорте перед технологией КПГ – меньший вес оборудования и увеличенный в несколько раз запас хода автомобиля без дозаправки. Это обусловлено тем, что при сжижении объем СПГ уменьшается в 600 раз, т.е. в одинаковом геометрическом объеме СПГ содержится в 3 раза больше, чем КПГ при давлении в 20 МПа. На практике это означает, что в автомобильном баллоне емкостью 50 л при давлении 20 МПа содержится 10–12 л бензина или дизельного топлива. В криогенном баке той же емкости содержится в 3 раза больше природного газа в сжиженном состоянии, и следовательно, пробег автомобиля на одной заправке увеличивается приблизительно в 3 раза.

Однако развитие использования СПГ в РФ сталкивается с рядом проблем. Одна из основных – отсутствие нормативно-правовой базы, которая регулировала бы в полном объеме технические аспекты проектирования, производства, строительства, монтажа, наладки и эксплуатации объектов СПГ, а также процессы хранения, транспортировки, реализации и утилизации СПГ с учетом современных технических и требований пожарной безопасности. В качестве наглядного примера можно привести тот факт, что пожарные разрывы, регулирующие расстояние между пожароопасными объектами и другими зданиями и сооружениями, в России значительно больше, чем аналогичные параметры, установленные в странах Европы, где, в частности, строительство АГНКС возможно в нескольких метрах от жилых объектов.

В настоящее время использование природного газа в качестве газомоторного топлива в России регулируется рядом нормативных актов федерального значения. Среди них следует выделить такие, как Постановление Правительства Российской Федерации от 15 января 1993 г. № 31 "О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом". Периодические постановления Федеральной службы по тарифам "Об оптовых ценах на природный газ, используемый в качестве моторного сырья на автогазонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС)", Поручение Президента РФ от 18 октября 2004 г. "О стимулировании широкомасштабного перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо", Поручение Первого заместителя Председателя Правительства РФ от 2 ноября 2006 г. "О необходимости развития рынка газомоторного топлива", Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики", Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 г. "Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период 2020 года". Вышеупомянутые нормативные документы имеют отношение главным образом к применению только природного газа. Правила и нормы по использованию СПГ однозначно в них не прописаны.

В РФ, согласно Федеральному закону № 184-ФЗ "О техническом регулировании", действует нормативно-правовая база, структура которой включает три основных уровня. Первый уровень – это технические регламенты, принятые и разработанные в соответствии с порядком, установленным

ст. 9 Федерального закона "О техническом регулировании". Второй уровень – это национальные стандарты и своды правил, разработанные и утвержденные в соответствии с правилами, установленными ст. 16 Федерального закона "О техническом регулировании". Третий уровень – это стандарты организаций, разработанные и утвержденные в соответствии со ст. 17 Федерального закона "О техническом регулировании".

При рассмотрении указанной структуры нормативно-правовой базы относительно СПГ становится понятно, что в настоящее время в России нормативных актов первого уровня не существует, а имеющиеся документы не относятся к СПГ. Документы второго уровня насчитывают несколько действующих актов, однако они не отвечают современным требованиям. Существующие нормативные акты третьего уровня не в состоянии обеспечить эффективное развитие производства и использования СПГ.

В качестве примера здесь можно привести лишь несколько существующих нормативных документов по СПГ второго и третьего уровня, таких как ПБ 09-566-03 "Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением", ПБ 08-342-00 "Правила безопасности при производстве, хранении и выдаче сжиженного природного газа на газораспределительных станциях магистральных газопроводов (ГРС МГ) и автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях", ГОСТ 19433–88 "Грузы опасные, классификация и маркировка", ВНТП 51-1–88 "Ведомственные нормы на проектирование установок по производству и хранению сжиженного природного газа, изотермических хранилищ и газозаправочных станций".

В настоящее время нормативные акты не отвечают требованиям технического прогресса, морально устарели, являются разрозненными и поэтому требуют пересмотра. Таким образом, действующая нормативная база не обеспечивает возможности развития газомоторного рынка России в РФ.

В связи с этим ОАО "Газпром газэнергосеть" были подготовлены и направлены в ОАО "Газпром" предложения по разработке следующих нормативных актов: в качестве документа первого уровня (технические регламенты) – нормативный акт "О безопасности объектов использования СПГ"; в качестве документа второго уровня (национальные стандарты и своды правил) – нормативные акты "Проектирование, строительство и эксплуатация объектов СПГ, в том числе в особых условиях. Общие технические требования", "Технические и технологические устройства, материалы для объектов СПГ. Общие технические требования"; "Правила безопасности объектов СПГ". Планируется, что в ближайшее время будут разработаны и приняты национальные стандарты и нормативно-техническая документация по использованию объектов СПГ.

В комплексе с теми нормативными документами, разработка которых была инициирована ОАО "Газпром", такими как "Рекомендации по применению установок малотоннажного производства сжиженного природного газа в газораспределении, Газораспределительные системы. Проектирование и строительство установок сжиженного природного газа", предложения ОАО "Газпром газэнергосеть", по существу, формируют систему нормативных документов, составляющих основу для принятия технического регламента "О безопасности объектов использования СПГ" (документ первого уровня).

Подводя итоги, нужно отметить, что принятие нормативных актов всех уровней по СПГ будет стимулировать развитие рынка использования СПГ в качестве экологически чистого и экономически эффективного для парка автомобилей Российской Федерации, а также способствовать формированию единой нормативной базы по СПГ, отвечающей всем современным техническим условиям и требованиям пожарной безопасности.

"Газовая промышленность"

О ПРИМЕНЕНИИ СПГ НА ТРАНСПОРТЕ В РАЗНЫХ СТРАНАХ

Подготовил **Е.Н. Пронин**

Австралия: Развитие рынка СПГ

Австралия: танкер СПГ

Развитие технологий переоборудования автомобилей большой грузоподъемности для работы на природном газе (в частности комплект оборудования V5000HD) открыло широкую дорогу применению сжиженного природного газа на магистральных тягачах и развитию сети криогенных заправок в Австралии. В частности в штате Виктория. В этом штате создается локальная сеть КриоАЗС сразу из пяти станций. Кроме собственно строительства заправок в состав проекта входит покупка двух тягачей на СПГ и автомобильных цистерн для доставки сжиженного метана до КриоАЗС. Проект – пример государственно-частного партнерства – осуществляется на средства компании EVOL LNG (6 млн долларов США) и правительства штата Виктория (2,6 млн долларов США). Австралия, являясь одним из крупнейших мировых экспортеров СПГ (почти 20 млн т в год), заинтересована в развитии его потребления на внутреннем рынке, включая использование в качестве моторного топлива.

Болгария: IVECO нефтяников возит на метане

Концерн Iveco продал Болгарской нефтяной компании Arena IT Ltd 20 новых автомобилей Iveco Stralis, оснащенных газовыми (КПГ) двигателями Cursor 8 (объем 7,8 л; мощность 330 л.с). Компания Iveco стала европейским лидером продаж газовых автомобилей: на рынок поставлены 5000 грузовиков модели Daily, 2000 – грузовиков Stralis и 5000 – автобусов.

Боливия: Поддержка переоборудования частных машин на КПГ

Национальная промышленная палата Боливии (National Chamber of Industries – CNI) приняла решение о содействии переоборудованию для работы на природном газе 35 тыс. частных автомобилей (не работающих в сфере общественного транспорта и не обслуживающих государственные учреждения).

Великобритания: Муниципальные автобусы на КПГ в Ридинге

Великобритания: автобус на КПГ в Ридинге

Мэрия города Ридинг (графство Беркшир, Великобритания) – всего в 30 км восточнее Лондона – станет владельцем самого крупного (20 ед.) парка пассажирских автобусов, использующих в качестве моторного топлива исключительно компримированный природный газ.

Вьетнам: Первый газовый автобус местной сборки

В Хо-Ши-Мине вышел на маршрут первый газовый (КПГ) автобус вьетнамской сборки, выпущенный компанией Samco (Saigon Transportation Mechanical Corporation). До апреля 2014 г. компа-

Вьетнам: автобус на КПГ в Хо-Ши-Мине

ния Samco должна поставить мэрии Хо-Ши-Мина 300 таких автобусов. Расчетное сокращение затрат на топливо у газовых автобусов по сравнению с дизельными машинами должно составить 20...25 %. За развитие городской сети АГНКС отвечает Вьетнамская нефтегазовая группа (Vietnam Oil and Gas Group). В развитии газозаправочной инфраструктуры Вьетнама предполагается участие также и зарубежных компаний... В частности – Gazprom EP International B.V.

Германия: Спрос на газовые машины растет

По оценке немецкого энергетического агентства ДЕНА (Deutsche Energie-Agentur GmbH), на фоне общего снижения продаж новых автомобилей в Германии спрос на метановые автомобили заводского производства в первом квартале 2013 г. вырос по сравнению с аналогичным периодом прошлого года на 60 %. Берлин поставил задачу довести парк метановых автомобилей к 2020 г. до 1,4 млн ед. Для стимулирования потребления природного газа и биометана на транспорте Агентство ДЕНА предлагает продлить действие сниженных налоговых ставок после 2018 г. ДЕНА также предлагает указывать цены на топливо на заправочных станциях в энергетическом эквиваленте, чтобы покупатели сразу видели экономические преимущества природного газа и биометана по сравнению с другими видами топлива. Спрос на КПГ должен вырасти также благодаря выходу на рынок новых моделей: VW eco up!, VW Golf, Audi A3, Skoda Citigo, Seat Mii, а также модернизированной модели Mercedes B-Class. Общую координацию "Инициативы в области мобильности на основе природного газа" осуществляет Федеральное министерство транспорта, строительства и городского развития (BMVBS).

Израиль: Новый газомоторный рынок

Недавнее начало добычи природного газа в Израиле открывает для страны новые возможности, в частности в области чистых и экономичных автотранспортных технологий. Уже поставлена цель перевести на природный газ к 2020 г. не менее 20 % транспортных средств. Замещение дизельного топлива и других углеводородов метаном позволит снизить затраты на моторное топливо минимум на 3,3 млн долларов в год. По экспертным оценкам, запасов природного газа на морском месторождении Тамар, открытом в 2000 году к северо-западу от Хайфы, хватит Израилю при нынешнем уровне потребления газа лет на 25–30. Новое месторождение – Левиафан – обеспечит стране еще 50 лет газовой самодостаточности.

Иран: Национальный газомоторный рынок

Общая численность АГНКС Ирана выросла до 1992 ед., а количество заправочных постов (пистолетов) до 11552 ед. В текущем году (по иранскому календарю) национальный парк АГНКС увеличится до 2,5 тыс. станций. Установленная мощность компрессоров на газовых заправках превысила 2,53 нормальных м^3 в час. Потребление метана автотранспортом составляет 18 млн м^3 газа в сутки. Общий парк газовых машин в Иране, использующих природный газ в качестве моторного топлива, составляет 3,265 млн ед.

Италия: Развитие сети КриоАЗС

Итальянская компания Vanzetti Engineering s.r.l., специализирующаяся в области создания газозаправочных комплексов КСПГ – КПГ через регазификацию СПГ (LCNG), заявила о намерении построить первую в Италии заправку автомобилей сжиженным природным газом. В принципе при возникновении потребности любой из уже построенных компанией объектов может быть дополнен оборудованием для раздачи СПГ. Компания Vanzetti Engineering s.r.l. построила четыре комплекса КСПГ общего доступа на севере Италии в городах Виллафалетто, Пойрино, Варна и Тортона. Комплексы оборудованы высокопроизводительными насосами высокого давления производительностью 700 или 1400 м^3 в мин (8...16 кг/мин) и наземными вертикальными емкостями для хранения СПГ вместимостью 30...35 тыс. л при температуре –160 °С и давлении до 5 атм. Еще три заправки КСПГ построены другими фирмами в Риме, Болонье и Мортаре.

Катар: Первый Фольксваген на КПГ

Концерн Volkswagen поставил своему дистрибьютору в Катаре компании Q-Auto первый для

Катар: Передача дилерам первого в стране Passat EcoFuel на КПГ

этой страны легковой автомобиль на компримированном природном газе Passat Estate TSI EcoFuel (турбированный двигатель объемом 1,4 л мощностью 110 кВт (148 л.с) с универсальной системой питания двигателя и запасом КПГ на 210 км), которыми предполагается оснастить транспортную таксомоторную компанию Karwa. При 15...20 % надбавке к стоимости базовой модели метановая версия автомобиля на 15 % дешевле в эксплуатации. Кроме того, муниципалитет Дохи планирует приобрети очередную партию из 70 автобусов на КПГ.

Китай: Первый китайский метановый танкер

Судостроительная группа Ningbo Xinle (город Нинбо, провинция Чжэцзян) заложила первый китайский малотоннажный метановоз на 30 тыс. м^3. Размеры танкера 181×28 м; общая высота – 19 и осадка – 7,8 м. Корабль будет оснащен двухтопливной силовой установкой. Он будет принадлежать компании "Петрочайна" и обслуживать потребителей СПГ на побережье Восточно-китайского моря... Мэрия Нинбо сообщает, что в планах городских властей не только строительство наливного терминала, но и закупка новых 115 автобусов на СПГ в дополнение к уже имеющимся 396 машинам.

Колумбия: Стимулирование переоборудования автомобилей на метан

В течение 2013 г. в муниципалитетах так называемой "кофейной зоны" Колумбии проходит кампания поддержки владельцев средств общественного транспорта и личных автомобилей, принявших решение о переводе своих машин на компримированный природный газ. Владельцам автомобилей выпуска 2008 г. и позже выплачивается субсидия в 820 дол. США; владельцам машин 2007 г. и раньше – 800 дол. США. Льгота, предоставляется компаниями Efigas, Ecopetrol, Gazel и собственниками частных АЗС только резидентам "зоны" и только в сертифицированных пунктах переоборудования и технического обслуживания.

Коста-Рика выбирает метан и водород

Правительство Коста-Рики, где цены на энергоносители тотально регулирует государство, рассматривает возможность отказа от использования в качестве моторного топлива нефтепродуктов и их замещение водородом и природным газом, для которых совместно со странами планируется создать инфраструктуру производства, импорта, распределения и реализации.

Малайзия: Новое такси на КПГ

Малайзия: Газовое такси местного производства

В части реализации правительственного плана преобразований малазийская компания Proton в 2013 г. поставит фирме SPAD одну тысячу газовых такси на базе семиместного минивэна Proton Exora. Газобаллонное оборудование устанавливается в заводских условиях. Однако для размещения баллонов для КПГ пришлось пожертвовать третьим рядом сидений в пассажирской части салона. Предполагается что малазийский газовый минивэн будут использовать не только в качестве такси, но и для перевозки туристов. Газомоторный рынок Малайзии достаточно активно развивается. Сейчас в стране на метане работают более 53 тыс. авто-

мобилей, – в основном пока легковых. Парк АГНКС превышает 170 АГНКС, а потребление метана: 180 млн м^3 в год.

Мексика: КПГ для пожарных

Мексика: Газовая Toyota для пожарных Сьюдад-Хуарес

Мэрия мексиканского города Сьюдад-Хуарес передала местному пожарному отделению газо-бензиновый пикап (модель Тойота 2013 г.).

Норвегия: Новый корабль на СПГ

Норвегия: Судно обеспечения на СПГ

Норвежская компания Vard & Moekster Shipping заявила о намерениях заказать новое судно на сжиженном природном газе (проект PSV 06 с газодизельной силовой установкой Wartsila) для обслуживания, начиная со второго квартала 2015 г., морских платформ на нефтегазовом месторождении в Баренцевом мире.

Панама: Канал для СПГ

Расширение Панамского канала для обеспечения прохода по нему, начиная с 2015 г., судов более высокой грузоподъемности приведет к повышению конкуренции на рынке транспортных услуг. На первый план выйдут вопросы топливной экономичности судов, что в свою очередь повысит спрос на сжиженный природный газ как судовое топливо. Об этом на недавнем заседании Комитета по торговле, науке и транспорту говорил Джон Викерман, Сенатор от независимого города Вильямсбург (тут высадились первые американские колонисты из Европы), округ Виржиния. Сенатор Викерман увязал расширение Панамского канала с развитием инфраструктуры бункеровки для судов малого каботажа сжиженным метаном. Сегодня только 10 % морских танкеров-метановозов могут пройти по Каналу. Ввод в эксплуатацию третьей очереди поднимет этот показатель до 90 %. По мнению Сенатора, вопрос бункеровки СПГ очень скоро станет актуальным для руководства практически всех портов общего назначения в Северной Америке.

США: Грант на создание газодизельной системы

В 2013–2014 гг. компания Clean Air Power, США получит от Калифорнийской энергетической комиссии (через Институт газовых технологий) грант в размере 2,6 млн дол. США на разработку, испытания 12 опытных образцов и сертификацию двухтопливной (газодизельной) системы Genesis EDGE для переоборудования американских грузовых автомобилей.

США: Метан на службе почтальонов

США: Тягач UPS на СПГ

Глобальная экспедиторская компания UPS объявила о планах до конца 2014 г. приобрести 700 специальных автомобилей для доставки корреспонденции, работающих на сжиженном природ-

ном газе и построить для них четыре собственных КриоГЗС. Ранее сообщалось о том, что почтовые гиганты UPS и AT&T уже имеют богатый опыт использования компримированного метана на своих машинах. Теперь очередь дошла до СПГ.

США: Мобильные решения для СПГ

Компания General Electric представила первую контейнерную малотоннажную установку сжижения природного газа (КУСПГ) "LNG In A Box System" производительностью 16...18 т СПГ в сутки. К преимуществам системы можно отнести ее компактность, простоту монтажа на подготовленной площадке и эксплуатации, возможность оперативного перемещения на новую точку. КУСПГ включает в себя систему подготовки газа, блок сжижения (на базе турбоэкспандера), скоростной поршневой компрессор для паров, систему управления и коммерческого учета газа, вспомогательное оборудование. Вне контейнера располагаются емкость для хранения СПГ и заправочная колонка. КУСПГ LNG In A Box System имеет высокие шансы на коммерческий успех, в том случае, если розничная цена СПГ будет дешевле местной цены на дизельное топливо не менее чем на 20 %. Ранее компания General Electric предложила для рынка АГНКС аналогичного – контейнерного типа "CNG In A Box".

Компания Linde North America также активно работает в области компактных СПГ-технолгоий. В частности в 2013 г. она представила мобильную (на автомобильном полуприцепе) КриоАЗС для заправки машин сжиженным природным газом. Подобное оборудование имеется в различных странах, хотя бы и в опытных образцах, включая Россию. Конкурентное преимущество General Electric и Linde North America в том, что они предлагают готовое сертифицированное изделие, поддержанное сервисом.

США: Новые льготы автомобилям на метане

В штате Огай, США принято решение о том, что грузовые автомобили, использующие в качестве моторного топлива исключительно природный газ, имеют право при пользовании автострадами на превышение, но не более чем на 900 кг, общей снаряженной массы автомобиля или нагрузки на ось, предусмотренных законодательством штата. Это связано с тем, что масса автомобиля может вырасти из-за установки на нем баллонов для КПГ или криогенной системы для СПГ.

США: Заправка транспорта СПГ на Великих Озерах

Администрация порта Дулут, штат Миннесота, США совместно с заинтересованными компаниями рассматривают варианты размещения в районе Дулута производственно-логистического центра сжижения природного газа и его распределения/заправки средств водного, автомобильного, железнодорожного транспорта и сельскохозяйственной техники. Дулут – порт на берегу озера Верхнее в 4000 км от побережья. Здесь заканчивается водный путь товаров и грузов из Атлантического океана через реку Святого Лаврентия и Великие Озера.

Эстония: Национальный газомоторный рынок

Эстонский парк автомобилей, работающих на метане, за 2012 г. вырос почти в два раза: со 110 до 200 ед. В эксплуатации кроме легковых автомобилей находятся три грузовика (перевозка мусора и доставка продуктов) и 18 городских автобусов. При цене КПГ 0,779 Евро/кг стоимость эксплуатации городского автобуса на КПГ составляет 0,22 Евро/км, что в два раза экономичнее, чем на дизельном топливе. Для сравнения: только себестоимость производства биометана составляет 1,00 Евро/кг, что делает его неконкурентоспособным. В Эстонии работают четыре АГНКС общего доступа (две в Таллинне и по одной в Тарту и Пярну). Станции эксплуатирует компания Eesti Gaas AS. Заправка осуществляется по Клиентским картам. Планируется строительство еще двух метановых заправок. В 2012 г. транспорт Эстонии потребил 635 тыс. м^3 природного газа, что всего на 3 % больше, чем в предыдущем году. Общее потребление природного газа в Эстонии в 2012 г. составило 650 млн м^3. Газ в основном идет из России и немного из ПХГ Инчукалнс в Латвии. В Эстонии пока нет терминала для бункеровки СПГ, но борьба за право строительства уже идет между частными инвесторами. Решение о строительстве в принципе уже принято. Однако конкретное место пока не определено.

МИРОВОЙ РЫНОК КПГ В МАРТЕ 2013 ГОДА

Наиболее достоверным показателем развития газомоторного рынка является спрос на газ в транспортном секторе потребления. Количество АГНКС, так же как и парк газобаллонных автомобилей в меньшей степени характеризуют рынок. В связи с этим НГА при определении газомоторного рейтинга стран и регионов исходит именно из показателя спроса/потребления природного газа или СУГ. Следует учитывать, что не все страны предоставляют такие данные.

Страна	Общий срок на КПГ, млн нм^3/год	Парк ГБА, всего	Парк АГНКС, всего	Удельный спрос на КПГ, тыс. нм^3/год/1 ГБА	Удельный парк ГБА на одну АГНКС
Иран	5760,00	3 300 000	1960	1745	1684
Таиланд	3422,04	352 652	481	9704	733
Пакистан	2949,00	3 100 000	3330	951	931
Аргентина	2777,40	2 193 114	1921	1266	1142
Бразилия	1963,20	1 733 469	1793	1133	967
Индия	1958,52	1 500 000	724	1306	2072
Южная Корея	1116,00	35 872	190	31 111	189
Бангладеш	1098,60	200 000	600	5493	333
США	930,24	112 000	1035	8306	103
Италия	870,00	746 470	909	1165	821
Украина	624,00	388 000	324	1608	1198
Колумбия	540,00	387 250	676	1394	573
Египет	456,00	178 000	160	2562	1113
Россия	390,00	87 000	250	4534	344
Армения	318,24	244 000	345	1304	707
Боливия	315,34	254 722	156	1238	1633
Германия	276,00	95 162	904	2900	105
Перу	222,72	136 662	189	1630	723

Продолжение табл.

Страна	Общий срок на КПГ, млн нм^3/год	Парк ГБА, всего	Парк АГНКС, всего	Удельный спрос на КПГ, тыс. нм^3/год/1 ГБА	Удельный парк ГБА на одну АГНКС
Норвегия	296,80	908	26	216 740	35
Болгария	180,00	61 623	103	2921	598
Малайзия	177,60	53 783	173	3302	311
Австрия	162,00	7065	203	22 930	35
Швеция	136,80	44 000	195	3109	226
Венесуэла	97,80	105 890	166	924	638
Франция	72,00	13 500	177	5333	76
Испания	53,76	3219	60	16 701	54
Турция	50,40	3850	14	13 091	275
Таджикистан	49,56	10 600	53	4675	200
Чили	38,40	8164	15	4704	544
Соединенное Королевство	36,00	559	22	64 401	25
Швейцария	19,32	11 500	166	1680	69
Мексика	16,44	2600	8	6323	325
Чешская Республика	15,24	5000	61	3048	82
Португалия	13,92	586	5	23 754	117
Белоруссия	12,36	4600	42	2687	110
Сингапур	12,36	5522	4	2238	1381
Словакия	12,00	1170	14	10 256	84
Тринидад&Тобаго	9,60	4100	9	2341	456
Польша	9,12	2094	47	4355	45
Кыргызстан	7,20	6000	6	1200	1000
Финляндия	4,99	1300	19	3840	68

Продолжение табл.

Страна	Общий срок на КПГ, млн нм^3/год	Парк ГБА, всего	Парк АГНКС, всего	Удельный спрос на КПГ, тыс. нм^3/год/1 ГБА	Удельный парк ГБА на одну АГНКС
Молдавия	4,80	2200	24	2182	92
Сербия&Черногория	3,72	838	9	4439	93
Мозамбик	2,88	661	2	4357	331
Литва	2,40	190	3	12 632	63
Исландия	2,20	916	2	2397	458
Венгрия	1,80	372	17	4839	22
Лихтенштейн	1,20	143	2	8392	72
Доминиканская Республика	1,10	8000	5	138	1600
Хорватия	0,96	143	1	6713	143
Люксембург	0,67	253	7	2630	36
Македония	0,25	54	1	4667	54
Эстония	0,24	191	4	1257	48
Словения	0,10	41	6	2341	7
Латвия	0,03	18	1	1713	18
Австралия	–	3500	51	–	69
Алжир	–	125	3	–	42
Афганистан	–	–	1	–	–
Бельгия	–	355	15	–	24
Босния&Герцеговина	–	21	2	–	11
Вьетнам	–	462	7	–	66
Греция	–	526	3	–	175
Грузия	–	3000	50	–	60
Дания	–	14	1	–	14

Окончание табл.

Страна	Общий срок на КПГ, млн нм^3/год	Парк ГБА, всего	Парк АГНКС, всего	Удельный спрос на КПГ, тыс. нм^3/год/1 ГБА	Удельный парк ГБА на одну АГНКС
Индонезия	–	5690	7	–	813
Ирландия	–	1	–	–	–
Казахстан	–	3200	2	–	1600
Канада	–	14205	83	–	171
Китай	–	1 500 000	2800	–	536
Мьянма (Бирма)	–	30 005	51	–	588
Нигерия	–	345	6	–	58
Нидерланды	–	5202	153	–	34
Новая Зеландия	–	201	14	–	14
Объединенные Арабские Эмираты	–	1751	17	–	103
Панама	–	15	–	–	–
Танзания	–	52	1	–	52
Тунис	–	34	1	–	34
Туркмения	–	–	1	–	–
Узбекистан	–	310 000	175	–	1771
Филиппины	–	71	3	–	24
Черногория	–	–	1	–	–
Эквадор	–	40	1	–	40
Южная Африка	–	24	2	–	12
Япония	–	41 563	329	–	126
ИТОГО	**27 368,11**	**17 335 340**	**21 399**	**1579**	**810**

В 2017 ГОДУ ПОРТ САБЕТТА НАЧНЕТ ПЕРЕВАЛКУ И ОТГРУЗКУ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

Президент РФ Владимир Путин провел в Салехарде совещание по вопросам создания современного производства сжиженного природного газа на Ямале – проект "Ямал СПГ" – и строительства морского порта Сабетта.

Цель этого проекта – создание современного производства сжиженного природного газа на Южно-Тамбейском месторождении.

"Индустриальное, инфраструктурное освоение полуострова Ямал имеет, без преувеличения, общегосударственное значение. Это позволит нам задействовать богатейшие, но пока еще малодоступные месторождения, создать здесь дополнительные рабочие места, новые производства, центры переработки углеводородного сырья, что, в свою очередь, станет серьезным импульсом для социально-экономического развития не только Ямало-Ненецкого автономного округа, но и Урала в целом, Западной Сибири, да, пожалуй, будет иметь практическое значение для всей России", – отметил Владимир Путин.

Ресурсная база проекта, Южно-Тамбейское газоконденсатное месторождение, обладает запасами природного газа порядка 1,3 трлн м^3. Всего на Ямале сосредоточено до 20 % разведанных запасов природного газа России.

Порт Сабетта должен сыграть роль одной из опорных точек Северного морского пути. Этот кратчайший маршрут, соединяющий Европу и Азию, в последние годы становится все более оживленным.

В прошлом году, по сравнению с 2011-м, объем перевозок по Северному морскому пути вырос на 53 % – превысил 1 млн 260 тыс. т. В 2013 г. этот показатель уже составил 1,5 млн т. К 2015 г. по прогнозам объем должен достичь 4 млн т. Строительство современного арктического порта должно закрепить эту тенденцию.

"Проект "Ямал СПГ" важен для нас и как удачный опыт государственно-частного партнерства, который необходимо активно тиражировать. Я напомню, что к началу сентября этого года частные инвесторы уже вложили в проект свыше 60 млр руб.", – сказал Владимир Путин.

В свою очередь за счет государственных средств осуществляется строительство ряда инфраструктурных объектов, в том числе аэропорта Сабетта, который должен открыться в 2014 г.

В федеральном бюджете также зарезервировано почти 47,3 млр руб. на строительство морского порта. За счет этих средств в акватории будущего порта уже ведутся работы по углублению дна, создается судоходный канал в Обской губе. Все это даст возможность частным инвесторам уже с 2014 г. приступить к строительству портовых терминалов.

По расчетам, первая линия по производству сжиженного газа, 5,5 млн т, должна войти в строй в 2017 г. К этому времени порт Сабетта должен начать перевалку и отгрузку углеводородного сырья.

Порт "Ямал СПГ" – это сложное сооружение, приходится вести строительство в зоне болот и тундры, в условиях многолетней мерзлоты. Возникают проблемы, которые трудно было предвидеть заранее.

"Это, конечно, может приводить к удорожанию работ. Но хотел бы сразу предупредить: все предложения по пересмотрам смет должны быть выверены и просчитаны, – отметил президент. – При возведении портовой инфраструктуры прошу опираться на самые современные технологии, которые были бы и надежными, и приемлемыми по стоимости. Далее. Это строгое соблюдение природоохранных стандартов. Прошу разработать методики расчета мероприятий по обеспечению экологической безопасности, исходя из объемов и реальной стоимости производимых работ, что позволит оптимизировать затраты на строительство из федерального бюджета и обеспечить экологическую безопасность. И, наконец, важным условием успешной реализации проекта "Ямал СПГ" остается четкое взаимодействие всех его участников, имею в виду представителей федеральных структур, региональной власти и частных инвесторов".

В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ СОСТОЯЛОСЬ ОТКРЫТИЕ МНОГОТОПЛИВНОЙ АВТОЗАПРАВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Новая многотопливная автозаправочная станция (МАЗС) ОАО "Газпром газэнергосеть" открылась в Хуторе Крапивенские Дворы Белгородской области.

Станция оформлена в фирменном стиле компании и реализует клиентам бензин марок Аи-92 и Аи-95, дизельное топливо и СУГ (пропан-бутан). Реализация газомоторного топлива осуществляется через 6 топливо-раздаточных комплексов.

В составе МАЗС открыт мини-маркет.

"Весь общественный транспорт крупных городов РТ должен перейти на газомоторное топливо" – Р. Минниханов

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

В павильонах выставочного центра "Казанская ярмарка" прошел татарстанский нефтегазохимический форум, участие в котором приняли более 250 предприятий из России и 10 зарубежных стран. Выставка предложила ряд круглых столов, в одном из которых принял участие Президент РТ Рустам Минниханов. Кроме этого, он осмотрел экспозицию на площадке перед входом в выставочный комплекс, на которой выстроился целый парк различных газомоторных автомобилей производства ОАО "КАМАЗ":

1. Мусоровоз CMZL-18G на базе шасси КАМАЗ-65115-30.
2. Самосвал КАМАЗ-6520-33.
3. Автокран КС-55713-1К-1 на базе шасси КАМАЗ-65115-30.
4. Дорожная машина ЭД-405АГ на базе шасси КАМАЗ-65115-30.
5. Вакуумная машина КО-505АГ на базе шасси КАМАЗ-65115-30.
6. Бортовой автомобиль КАМАЗ-65117-34.
7. Передвижной автомобильный газовый заправщик (ПАГЗ) в составе седельного тягача КАМАЗ-65116-34 и блочной газовой заправки БИ-100.

Позднее с участием Президента Татарстана в рамках Татарстанского нефтегазохимического форума состоялись заседания сразу трех круглых столов, первый из них: по расширению использования в республике газомоторного топлива, в котором участвовали представители предприятий – производителей газомоторной техники, ее потенциальных и реальных потребителей, руководителей муниципальных районов.

Заместитель гендиректора Исполнительной дирекции XXVII Всемирной летней универсиады 2013 г. в Казани Азат Галиахметов и генеральный директор Казанского АТП-1 Леонид Наумов поделились опытом использования газовых автобусов на Всемирных студенческих играх. Всего из 497 задействованных автобусов 130 были газомоторными. Ранее не было опыта массовой эксплуатации такой техники, тем более на подобных ответственных мероприятиях, многое приходилось делать впервые. Однако имевшиеся опасения развеялись с первых же дней. Техника при средней работе по 16 часов в сутки показала надежность и эффективность эксплуатации. Так, экономия на топливе превысила 1, 7 млн руб. Кроме того, существенным был и экологический эффект.

Заместитель генерального директора ОАО "КАМАЗ" Евгений Пронин рассказал об участии компании в расширении использования газомоторного топлива в Татарстане. Генеральный директор ООО "РариТЭК" (Набережные Челны) Рафаэль Батыршин сообщил о планах по выпуску автомобильной техники, работающей на газомоторном топливе. По его информации, разработана широкая номенклатура моделей для дорожного строительства, пассажирских перевозок, для ЖКХ. Свыше 20 моделей предлагается нефтегазовому сектору, прежде всего на базе "КАМАЗа".

О мерах по развитию рынка газомоторного топлива в России и строительстве объектов инфраструктуры рассказал первый заместитель генерального директора ООО "Газпром газомоторное топливо" Олег Степаненко. По его словам, на фоне динамичного развития в мире газомоторного топлива Россия занимает здесь не лучшие позиции. Планируется, что к 2020 г. газ на рынке моторного топлива займет долю в 5 % – планка, при достижении которой возникнет самоподдерживающий эффект. Несколько регионов страны были определены пилотными в этой деятельности. Из них Татарстан, по словам О. Степаненко, первым приступил к практической реализации. В республике при поддержке региональной власти удалось продемонстрировать все преимущества газомоторной техники, в том числе – во время Универсиады. В 2013–2014 гг. при реализации соответствующих мероприятий, в том числе при активном строительстве газозаправок, предстоит освоить более 1 млрд руб.

Об опыте ООО "Газпром трансгаз Казань" по переоборудованию и эксплуатации автотехники, работающей на компримированном природном газе, сделал сообщение первый заместитель генерального директора ООО "Газпром трансгаз Казань" Рашат Гимранов.

Первый заместитель генерального директора ОАО "Татнефть" Наиль Маганов проинформировал о ходе размещения модулей для газозаправки в сети действующих АЗС компании. "Татнефть", располагающая парком в 12 тыс. автомобилей, активно включилась в эту программу. Совместно с "КАМАЗом" компания строит станции техобслуживания и нарабатывает соответствующий опыт.

Как подчеркнул Рустам Минниханов, подводя итоги заседания, тема непростая, но для крупных городов особенно важная, поскольку основным загрязнителем атмосферного воздуха теперь является автотранспорт. Поэтому весь общественный транспорт должен перейти на газомоторное топливо. Но при этом надо создать условия, при которых это было выгодно. Между тем в одной отдельно взятой республике это сделать невозможно, так как технику без субсидий не будут покупать. Необходимо также создавать инфраструктуру, чтобы в любом месте можно было заправиться. Для этого целесообразно увязать планы основных владельцев автозаправочных сетей: "Татнефти", "ТАИФа", "Татнефтепродукта".

Чтобы стимулировать переход на газовое топливо, Рустам Минниханов предложил ввести некие экологические ограничения на старую технику, особенно в крупных населенных пунктах. В целом переход на газ выгоден как для "Газпрома", так как обеспечивает гарантированное внутреннее потребление продукции, так и для предприятий, которые будут более конкурентны и экологичны, считает глава республики.

Напомним, правительством РТ утверждена государственная программа "Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан на 2013–2023 годы". В ее рамках разработан план-график синхронизации работ на 2013 г. по строительству объектов газозаправочной инфраструктуры природным газом и приобретению автомобильного транспорта, работающего на природном газе. Документ утвержден председателем Совета директоров ОАО "Газпром", председателем правления и генеральным директором ООО "Газпром газомоторное топливо" Виктором Зубковым и Президентом Республики Татарстан Рустамом Минниханов.

ГАЗОВЫЕ КАМАЗЫ НА "КОМТРАНС-2013"

12-я Международная специализированная выставка "Коммерческий Автотранспорт-2013" ("КОМТРАНС-2013") стала для экспозиции "КАМАЗа" одной из самых больших по представленным образцам автомобильной техники.

Представлены камазовские изюминки из нового модельного ряда: КАМАЗ-5490, КАМАЗ-65206, КАМАЗ-65207, КАМАЗ-65802 и КАМАЗ-5308, которые в ближайшие время должны прийти на смену выпускающимся сегодня автомобилям.

Отдельный интерес у посетителей стенда ОАО "КАМАЗ" вызывают автомобили компании с газовым двигателем и газобаллонным оборудованием ООО "РариТЭК", работающие на компримированном природном газе – метане, на которые возлагаются большие надежды по улучшению экологии в больших городах и крупных мегаполисах в России. Уже сегодня газовый двигатель и газобаллонное оборудование, устанавливаемые на грузовые автомобили KAMAZ, соответствуют экологическому стандарту "Евро-4". Среди представленных образцов можно увидеть самосвал KAMAZ-6520, седельный тягач KAMAZ-65116 с криобаком сжиженного газа, мусоровоз CMZL-9G на базе KAMAZ-4308, автопоезд-зерновоз KAMAZ-65117, а также городской автобус НЕФАЗ-5299-40-51.

Компания ОАО "КАМАЗ" уверенно опережает российских и зарубежных конкурентов по разнообразию техники на природном газе.

ВЫСТАВКА "ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ" г. Ижевск

Компания ООО "РариТЭК" по приглашению ОАО "Удмуртавтотранс" приняла участие в IV Всероссийской специализированной выставке "Энергетика. Энергосбережение".

В рамках выставки на открытой площадке были представлены образцы техники, работающей на компримированном природном газе (КПГ) отечественного и зарубежного производства, среди которой был серийный газомоторный самосвал КАМАЗ-65115-30, экологического класса "Евро-4", и мощностью двигателя 260 л.с.

В дальнейшем, в рамках деловой программы выставки прошла конференция "Перспективы использования газомоторного топлива в УР и РФ", организаторами которой выступили ОАО "Удмуртавтотранс", Управление "Уралавтогаз" ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург". Мероприятие нашло поддержку в лице Министерства промышленности и энергетики УР, Министерства транспорта и дорожного хозяйства УР.

"Направление по использованию природного газа в качестве моторного топлива связано с вопросами удешевления эксплуатации автомобильного транспорта и сокращения вредного влияния на экологию", – сообщил в приветственном обращении министр промышленности и энергетики УР Олег Радионов. – Правительство УР уделяет данным вопросам особое внимание – разработана и действует подпрограмма по развитию использования газомоторного топлива РЦП "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Удмуртской Республике на 2010–2014 годы и целевые установки до 2020 года". Планируется подписание соглашения между Правительством УР и руководством ОАО "Газпром" о сотрудничестве в данном направлении.

Министр транспорта и дорожного хозяйства УР Олег Гарин в своем выступлении подчеркнул, что шаги по переходу на автомобильный транспорт, работающий на газомоторном топливе, позволят специализированным предприятиям более активно развиваться за счет снижения себестоимости услуг.

Специалист по продаже газобаллонных автомобилей ООО "РариТЭК" Руслан Садриев раскрыл инновационный подход при изготовлении газомоторных автомобилей КАМАЗ, модельный ряд которых уже насчитывает около 30 единиц, а наличие учебного класса и сервисной службы по ГБА обеспечит сопровождение данной техники в гарантийный и постгарантийный период эксплуатации.

В своем докладе генеральный директор ОАО "Удмуртавтотранс" Альберт Ахметшин рассказал участникам конференции об изучении передового опыта предприятий газомоторной отрасли, консультаций со специалистами профильных учебных заведений, первыми опытом эксплуатации газобаллонных автобусов. Полученная информация подтвердила целесообразность дальнейшего проведения работы в данном направлении. Первые автомобили на газомоторном топливе будут запущены в эксплуатацию уже в середине 2014 г., к 2019 г. планируется перейти на 400 единиц данной автотехники. "Результатом станет снижение себестоимости перевозок и создание доступной и безопасной транспортной инфраструктуры", – сказал руководитель ОАО "Удмуртавтотранс".

Участники мероприятия смогли задать интересующие вопросы выступающим, пообщаться с представителями Правительства УР, транспортных учреждений, организаций, осуществляющих конвертацию автомобилей на использование КПГ, изготовителей газобаллонного оборудования.

ПЯТИЛЕТКА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Министр транспорта РФ Максим Соколов принял участие в коллегии министерства транспорта и дорожного строительства Республики Татарстан, где были определены основные направления развития транспортной отрасли на ближайшие пять лет. Глава министерства РТ Ленар Сафин представил несколько ключевых проектов, в которые будет инвестировать Татарстан в преддверии Мундиаля-2018.

Перед началом коллегии на площадке перед ГРК "Корстон" прошла презентация газомоторных автомобилей КАМАЗ и НЕФАЗ. Генеральный директор компании "РариТЭК" – дистрибьютора ОАО "КАМАЗ" по газобаллонной автотехнике Рафаэль Батыршин показал Максиму Соколову несколько моделей, серийно выпускаемых газовых машин, среди которых была и новинка: двухосный мусоровоз CMZL-9G на базе газомоторного шасси КАМАЗ-4308. Полезный объем его кузова вмещает 9 м^3, а запас хода на одной заправке метаном позволяет проехать около 300 км. Также был представлен уже примелькавшийся на улицах крупных городов Татарстана газовый городской автобус НЕФАЗ-5299-30-31, внешнее отличие которого – это кожух с баллонами, размещенный на усиленной крыше автобуса, с надписью Экология, Метан, Экономия. И третьим была представлена дорожная машина широкого профиля ЭД-405АГ, которая в зависимости от сезона может работать как самосвал или как дорожно-уборочная, пескоразбрасывающая машина.

В своем выступлении Ленар Сафин доложил о пяти направлениях, одно из которых – массовый переход на автомобильный транспорт, работающий на газомоторном топливе. Министр напомнил, что в этом году в республике при поддержке ОАО "Газпром" была принята программа развития рынка газомоторного топлива до 2030 г. В рамках программы планируется перевести на использование газа половину общественного транспорта, треть коммунальной техники и столько же – строительной. Республикой уже приобретено 262 автобусов на 932,6 млн руб., из которых 655 млн руб. – субсидии федерального центра.

Министр обнародовал потрясающие цифры экономического эффекта от эксплуатации данных автобусов: "Анализ эксплуатации автобусов, работающих на газомоторном топливе, показал эффективность их использования. Общие затраты на топливо составили 1,68 млн руб., что по сравнению с использованием дизельного топлива экономичнее более чем в два раза (3,45 млн руб.)". Сафин также обрисовал ожидаемые перспективы от реализации данной программы: "Парк автотранспортных средств, работающих на газомоторном топливе, будет увеличен. Объем потребления природного газа вырастет на 2,7 млр м^3, на 2,6 млрд л снизится объем потребления традиционных видов топлива. В результате выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта к 2024 г. сократится на 19 тыс. т в год".

ДЕЛЕГАЦИИ КОМПАНИЙ "FABER INDUSTRE SPA" И "МИЦУИ ЭНД КО. МОСКОУ"

В компанию "РариТЭК" прибыли сразу две делегации компаний: от "Faber industre SpA", специализирующейся на производстве бесшовных стальных и композитных баллонов для хранения высокого давления газов, прибыли главный менеджер международных продаж mr. **Palicka Petr** и управляющий качеством mr. **Viviano Ongaro**; А от "Мицуи энд Ко. Москоу", ведущую деятельность в сфере торговли, инвестирования и предоставления услуг, прибыл старший специалист отдела машин и оборудования **Денис Никитин**.

Генеральный директор ООО "РариТЭК" Рафаэль Батыршин провел для гостей презентацию газового сервисного центра РариТЭК, в том числе тормозной стенд МАНА, цех по обслуживанию газобаллонных машин КАМАЗ, стенд системы питания газового двигателя КАМАЗ, система безопасности, установленная на газовые баллоны, образец ремонтного газового ДВС и стенд обкатки ДВС.

Технический директор ООО "РМЗ РариТЭК" Иван Прохоров ознакомил гостей с опытом "РариТЭКа" в области разработки и производства газомоторных автомобилей на базе шасси на открытой площадке была осмотрена блочная заправка газом

(АГНКС), которая размещена в мобильном блоке, что дает возможность размещать АГНКС и заправлять автомобили непосредственно на площадях автотранспортных предприятий.

Далее ведущий специалист по продаже ООО "РариТЭК-сервис" Руслан Гилмутдинов продемонстрировал гостям мобильный сервисный центр (каркасно-мембранное укрытие). Данное сооружение, не требующее разрешения на строительство, позволяет обслуживать автотехнику, работающую в отдалении от стационарных станций технического обслуживания. Распашные или секционные ворота, системы освещения, вытяжки и подогрева воздуха – вот краткий список дополнительных опций для нормальной эксплуатации ангара.

В заключение за круглым столом стороны провели переговоры о дальнейшем взаимовыгодном сотрудничестве.

Справка об ООО НПФ "Faber industre SpA":

Faber Industrie лидер в производстве бесшовных стальных и композитных баллонов для хранения высокого давления газов. Во всем мире Faber заслужила хорошую репутацию благодаря высоким стандартам качества и ее способность отвечать самым строгим требованиям, установленным Международными Органами, Местными органами Власти и ее клиентов. Четыре завода в Северо-Восточной Италии, с общей площадью 70 000 м^2, производство более чем 900 000 баллонов в год.

Справка об ООО "Мицуи энд Ко. Москоу":

Компания Mitsui & Co., Ltd. (Mitsui), материнская компания ООО "Мицуи энд Ко. Москоу", является одной из наиболее диверсифицированных мировых корпораций, ведущих деятельность в сфере торговли, инвестирования и предоставления услуг. Компания Mitsui работает во многих отраслях бизнеса и имеет 14 структурных управлений, в числе которых следующие: металлургической и сталелитейной продукции; минеральных ресурсов и металлов; индустриальных проектов; машин и оборудования; судостроения и авиакосмической промышленности; химической продукции органического синтеза; энергетики; продуктов питания и розничной торговли; информационных технологий; финансирования; логистики и транспортировки.

По состоянию на 1 января 2012 г. компания имеет 11 офисов в регионе СНГ (в том числе главный офис компании "Мицуи энд Ко. Москоу", филиал в Санкт-Петербурге и Владивостоке, и 8 представительств компании Mitsui).

МИНЭНЕРГО НАМЕРЕНО СОЗДАТЬ КАРТУ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РФ

Министерство энергетики намерено создать карту развития возобновляемых источников энергии в России для правильной оценки их потенциала, заявил заместитель директора департамента развития электроэнергетики Минэнерго Егор Гринкевич. Ранее сообщалось, что правительство 23 мая одобрило пакет документов, направленных на развитие в РФ возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Согласно госпрограмме "Энергоэффективность и развитие энергетики" до 2020 г. в стране должно быть введено 6,2 ГВт генерирующих мощностей на основе ВИЭ, что позволит увеличить долю ВИЭ в энергобалансе с 0,8 до 2,5 %.

"Мы планируем провести достаточно большую работу совместно с экспертами в области возобновляемой энергетики в части формирования и оценки ресурсного и экономического потенциала возобновляемой энергетики в РФ. Честно признаюсь, что в настоящий момент у государства, у министерства энергетики нет достаточно подробной карты, понимания, оцифрованного по всем регионам технического и экономического потенциала развития ВИЭ", – сказал Гринкевич в ходе семинара Международной финансовой корпорации (IFC). По словам выступающего, после сбора и анализа информации будут рассмотрены меры по поддержке ВИЭ. "Разработку такого документа мы видим одной из ближайших целей правительства, для того чтобы иметь понимание и общественно принятые подходы к развитию генерации на основе возобновляемых источников энергии", – добавил он.

Прайм

АССОЦИАЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ В ФОРМЕ НЕКОММЕРЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА БУДЕТ СОЗДАНА В РОССИИ

Об этом сообщил председатель оргкомитета и директор Ассоциации предприятий солнечной энергетики Антон Усачев на семинаре Международной финансовой корпорации (IFC).

"Заинтересованными компаниями и организациями подписан меморандум о ее создании, – пояснил он. – Подписавших можно условно разделить на несколько групп – это производители оборудования для возобновляемой энергетики, традиционные генерирующие компании, заинтересованные в проектах по возобновляемой энергетике, а также предприятия инжиниринга, консалтинга и финансового блока. Мы собираем документы для подачи на регистрацию ассоциации, и думаю, что к октябрю мы ее зарегистрируем".

Главной целью ассоциации будет объединение усилий всех компаний отрасли для создания цивилизованных правил игры на рынке, а также защита интересов отрасли.

Ассоциация должна систематически и результативно содействовать строительству энергоисточников в тех регионах России, где это экономически целесообразно.

"Учредителями стали также Ассоциация предприятий солнечной энергетики, Российская ассоциация ветроиндустрии, в ближайшее время также будут зарегистрированы Ассоциация гидроэнергетики и Российская ветроэнергетическая ассоциация, – добавил Антон Усачев. – Они будут входить зонтичным принципом в ассоциацию наряду с компаниями, не входящими в ту или иную ассоциацию".

По словам представителей отрасли, создание профессионального объединения в сфере возобновляемой энергетики назрело уже давно. Игроки рынка надеются, что с помощью такого инструмента, как Ассоциация, удастся решить наболевшие проблемы отрасли.

Российская газета

ЧЕЧНЯ НАЧИНАЕТ АКТИВНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

В ходе рабочей поездки на Северный Кавказ министр энергетики РФ Александр Новак и генеральный директор ОАО "Россети" Олег Бударгин рассмотрели с главой Чеченской Республики Рамзаном Кадыровым целый комплекс вопросов, связанных с развитием энергетики региона.

И обсуждение проходило не только в кабинетах, но, большей частью, что называется, "в поле", непосредственно на объектах.

В частности, руководители посетили ГУП "Оргтехника", на базе которого планируется создать производство в интересах электросетевого комплекса юга России. В кластер войдут заводы по изготовлению композитных опор, самонесущего изолированного провода (СИП), приборов учета. И если открытие предприятий по производству СИП и композитных опор пока на стадии бизнес-планов и согласований, то приборы учета уже поступают в электросетевые компании. "Мы закончили тестирование счетчика "НУР-М", разработанного чеченскими специалистами и собираемого здесь же, в Грозном. Закупили уже первую партию – 2 тыс. приборов, до конца года приобретем 10 тыс. приборов", – доложил министру энергетики РФ генеральный директор МРСК Северного Кавказа Петр Сельцовский.

Совместно с главой республики, министр энергетики РФ и генеральный директор "Россетей" осмотрели площадку на которой по поручению президента России будет построена ТЭЦ, очень необходимая Чечне, где, в связи с развитием предприятий и активным жилищным строительством, рост потребления электроэнергии значительно превышает общероссийский уровень. "4 % в год против 2,5 % общероссийского роста", – сообщил Олег Бударгин.

В Центре энергосбережения Министерства промышленности и энергетики ЧР гостям были представлены презентации создаваемой в регионе системы учета электроэнергии. По словам специалистов, ее внедрение позволит значительно сократить потери в сетях и улучшить платежную дисциплину потребителей.

"После ввода системы в эксплуатацию Чеченская Республика станет одним из немногих регионов России со 100 %-м учетом потребления электроэнергии", – подчеркнул генеральный директор ОАО "Россети" Олег Бударгин.

И это не единственная инновация.

Чеченская Республика в числе первых регионов страны, где активно начинается эксплуатация электромобилей. В присутствии министра энергетики Александра Новака руководитель "Россетей" Олег Бударгин продемонстрировал Главе ЧР Рамзану Кадырову электромобили Mitsubishi – MiEV, которые "Россети" закупили для эксплуатации в Грозном.

"Мы уделяем большое внимание экологии и решение "Россетей", лично Олега Михайловича начать эксплуатацию электромобилей на Северном Кавказе именно с нашей столицы, города Грозного, считаем знаком особого внимания к республике", – подчеркнул Рамзан Кадыров.

В заключение руководители посетили Грозненский государственный нефтяной технический университет имени акад. М.Д. Миллионщикова, уже почти 95 лет готовящего кадры для энергетики. Например, кафедра "Электротехника и электропривод" была создана в вузе в 1920 г.

Сегодня студенты "энергетических" специальностей университета, как правило, проходят практику в северокавказских ДЗО "Россети" – МРСК Северного Кавказа и МЭС Юга, а опытные сотрудники этих компаний возглавляют лаборатории и проводят практические занятия в вузе.

НЕФТЬ И ГАЗ – МОРСКОЕ ПРОДОЛЖЕНИЕ ЗЕМНОЙ ИСТОРИИ

А.В. Филиппов, инженер-нефтяник, www.avfinfo.ru
О.В. Шершнев, руководитель отдела реализации проектов ООО "Энергаз"

Энергетический потенциал развития экономики во многом зависит от морского будущего нефти и газа. На этом настаивают углеводородные эксперты. В нашей стране промышленное освоение континентального шельфа заявлено как перспективное. Однако достижение результата предполагает согласованное решение целого ряда правовых, инвестиционных, геологоразведочных, инфраструктурных и экологических задач.

Рентабельность месторождений на шельфе, прежде всего, обусловлена применением эффективных технологий добычи и подготовки нефти и газа. При этом конечные потребители углеводородов все большее значение придают возможностям нефтегазоподготовки как фактору достижения качества товарной продукции. Мировой опыт в этом направлении наращивается и сегодня приходит в Россию. Труднодоступные, но такие желанные углеводороды из подводных недр уже ждут промышленной добычи.

Подводные залежи углеводородов

Морской континентальный шельф представляет собой подводное продолжение поверхности материка (с небольшим уклоном, примерно 1...2 м на 1 км). Ширина шельфа варьируется от 50 до 100 км, глубина внешней границы находится в пределах 120...150 м, подводный склон материка заканчивается подножием. Шельф имеет одинаковое с материком геологическое строение, что имеет принципиальное значение для его промышленной разработки.

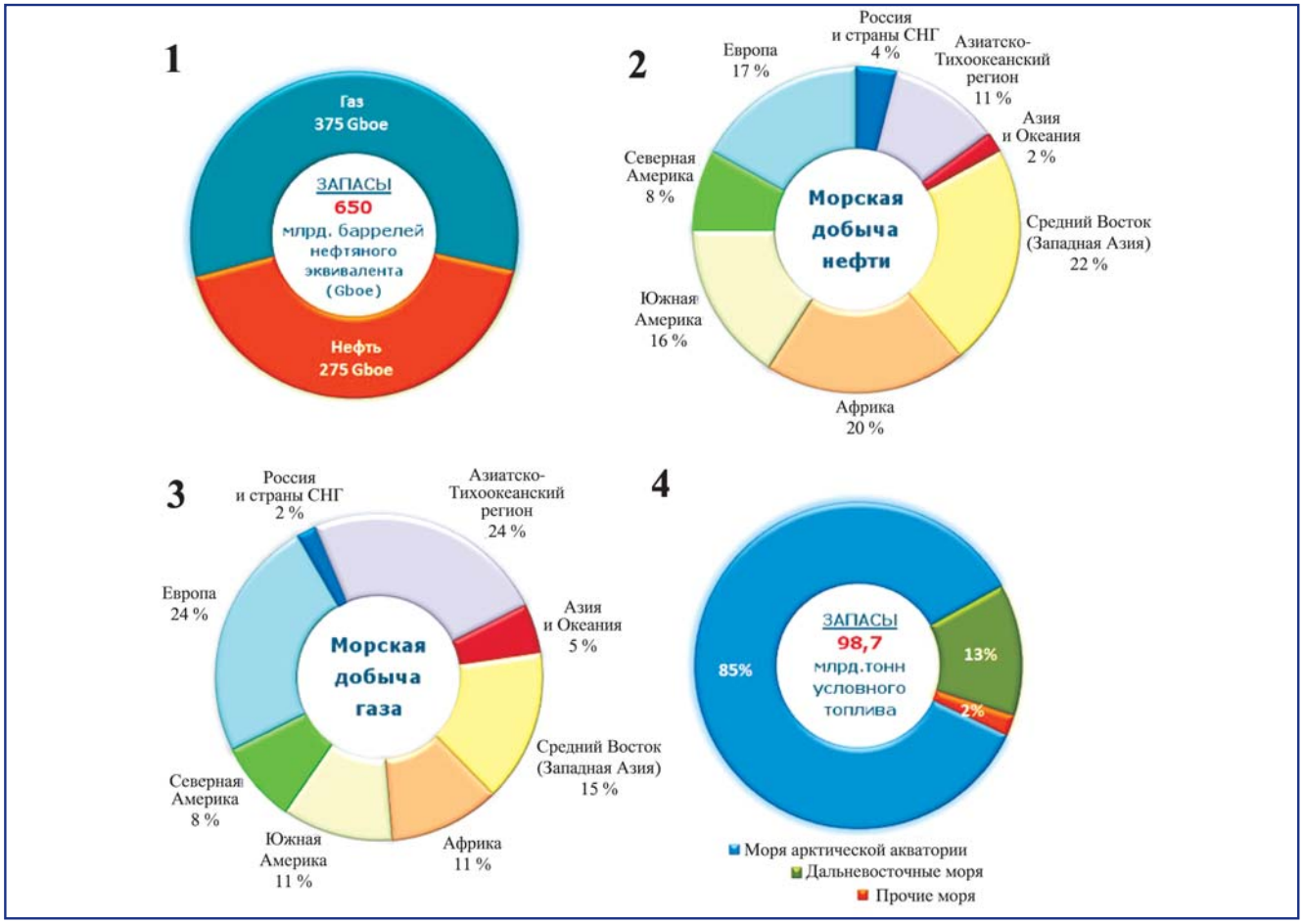
Освоение месторождений у моря началось в середине XIX в. на прибрежных территориях Каспия (Апшеронский полуостров в районе г. Баку). Здесь же менее 100 лет назад открылась промышленная эксплуатация буровых платформ на сваях. Начиная с 1960-х гг. широкое применение получает подводная добыча нефти и газа.

Разработка месторождений на морском шельфе – это наукоемкий, сложный по технологиям и в то же время опасный процесс, когда оборудование устанавливается и эксплуатируется в экстремальных условиях окружающей среды (сильные штормы, приливы и отливы, морская соль, сероводород, критически низкие температуры и сложнейшая ледовая обстановка). Тем не менее, перспективы добычи на шельфах основаны на экономической целесообразности и подтверждаются исследованиями, по которым в недрах под морским дном содержится половина общемировых запасов углеводородов.

Прогнозы говорят о том, что более 60 % площади континентального шельфа имеют запасы углеводородов. Каждый год в мире бурится около 1 тыс. поисково-разведочных и примерно 2 тыс. эксплуатационных скважин различного типа. Всего пробурено более 100 тыс. скважин. Разведано более 2 тыс. шельфовых месторождений нефти и газа, большинство из которых – гигантские и крупные по объему запасов.

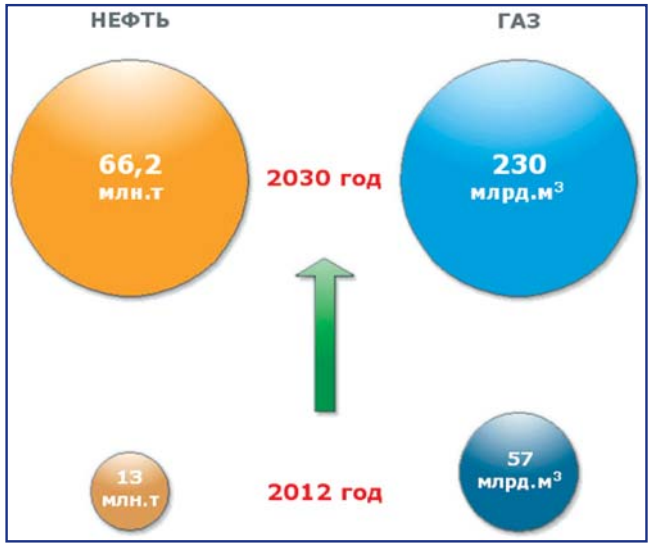
Основные подводные залежи нефти и газа сосредоточены в Персидском заливе (Саудовская Аравия, Катар). Здесь находится более половины мировых запасов нефти. Крупнейшие месторождения углеводородов разрабатываются также в Гвинейском и Мексиканском заливе, в акватории Маракайбо (Венесуэла), в морях Юго-Восточной Азии, Бофорта и в Северном море (Норвегия). Добыча углеводородов в море составляет примерно треть от мировой добычи.

По данным IFP Energies nouvelles (IFPEN) и IHS Energy, мировые запасы нефти и газа континентального шельфа в 2010 г. оценивались примерно в 650 млрд баррелей нефтяного эквивалента (или 650 Gboe, диаграмма 1). При этом доля запасов нефти составляла 275 Gboe, а газа – 375 Gboe.



1. Мировые запасы нефти и газа континентального шельфа 2. Распределение добычи нефти на континентальном шельфе по регионам мира 3. Распределение добычи газа на континентальном шельфе по регионам мира 4. Запасы углеводородов на континентальном шельфе России

Суммарная добыча нефти в 2010 г. на морских шельфах нашей планеты составляла 23,6 млн баррелей в сутки, а газа – 2,4 млрд м^3 в сутки (диаграммы 2 и 3).



План добычи углеводородов на континентальном шельфе России

Россия находится на пороге промышленного освоения континентального шельфа (по территории – это более 6 млрд км^2, что составляет 22 % площади шельфа Мирового океана). Это самый большой по площади шельф в мире, извлекаемые углеводородные ресурсы которого оцениваются в 98,7 млрд т в пересчете на условное топливо. При этом около 85 % разведанных запасов сосредоточено на шельфе арктической акватории (Баренцево море, Карское море). Континентальный шельф Дальнего Востока содержит примерно 12...14 % запасов. На шельфах Балтийского, Каспийского, Черного, Азовского морей также отмечен ряд месторождений (диаграмма 4).

Несмотря на то, что большая часть континентального шельфа находится в северных и арктических районах, морская добыча нефти и газа в России выделена в качестве приоритетной деятельности, способствующей развитию нефтегазовой отрасли и экономики в целом. Государственные планы предусматривают к 2030 г. увеличить добычу нефти на шельфе в 5 раз – с текущих 13 млн до 66,2 млн т; добычу газа планируется поднять в

4 раза – с 57 млрд до 230 млрд м^3 (рис. 2). Достижению этих показателей будет способствовать правительственная Программа освоения шельфа до 2030 г. Экономический эффект от ее реализации рассчитан в сумме 8 трлн руб.

Успех на шельфе куется на земле

Добыча нефти на континентальном шельфе осуществляется с помощью специальных гидротехнических сооружений – буровых платформ. Эти платформы делятся на три типа: самоподъемная, полупогружная и буровая платформа гравитационного типа. Применяются также буровые суда, технологические платформы и плавучие комплексы добычи, хранения и отгрузки нефти. Выбор типа платформы зависит от условий эксплуатации (удаленности от берега, глубины моря, климата) и способов разработки месторождения (сетка разбуривания скважин, дебит нефти).

Несмотря на различие в конструкции платформ, все они схожи в одном – это предельно компактные сооружения с необходимым производственным оборудованием "на борту". Для каждого месторождения разрабатывается свой проект комплектации буровой платформы. При этом в условиях ограниченного пространства тщательно оптимизируется размещение бурового, эксплуатационного, технологического и энергетического оборудования.

Профессионалы нефтегазовой отрасли относят к приоритетным задачам технологическое обеспечение подготовки добываемой нефти и газа. Нефтегазоподготовка – это обязательный этап, предваряющий транспортировку, хранение и переработку углеводородов. Как правило, подготовка состоит из ряда операций: разделение нефти и газа, сепарация, осушка, удаление соединений серы, ртути, углекислого газа и солей, компримирования и др.

Например, для достижения высокого товарного качества из пластовой нефти удаляется попутный нефтяной газ (ПНГ). Перед транспортировкой на переработку или использованием в виде топлива ПНГ очищают от примесей, воды и сероводорода. Производятся расчеты температуры точки росы газа по воде и углеводородам, определяется теплотворная способность ПНГ и его компонентный состав.

Технологический опыт, накопленный на земле, последовательно внедряется при освоении морских месторождений.

Мировой опыт приходит в Россию

Успех в промышленной добыче углеводородов во многом зависит от испытанного в деле технологического оборудования, создаваемого на основе оригинальных конструкторских разработок и инженерных решений. Мировой опыт выполнения таких проектов положен в основу создания систем нефтегазоподготовки для месторождений России и стран СНГ.

В условиях развертывания промышленной добычи нефти на шельфах именно применение эффективных технологий нефтегазоподготовки помогает добиться необходимого качества товарной продукции, сократить издержки и повысить экономическую привлекательность конкретных месторождений. В этом направлении действует известная инжиниринговая компания COMART – признанный лидер в разработке современных систем подготовки нефти и газа.

Оборудованием COMART оснащены месторождения ведущих добывающих компаний, среди которых: ExxonMobil, BP, Shell, Eni, Saudi Aramco, Repsol YPF, Petrobras, NIOC, Maersk Oil, ONGC и др. Только на морских шельфах успешно реализованы 32 проекта, что позволяет гарантировать ре-

1. Технологическая платформа с оборудованием для подготовки нефти и газа. 2. Наземные установки обезвоживания природного газа и регенерации ТЭГ

1. Сепарационная система COMART для эксплуатации на шельфе 2. Модульная установка осушки газа COMART 3. Система очистки шельфового газа от соединений серы COMART 4. Модульная установка COMART для регенерации ТЭГ

шение самых сложных технических задач и в экваториальных водах, и в северных морях.

Российская компания "Энергаз" консолидированно со своим генеральным партнером, компанией COMART, осуществляет индивидуальное проектирование такого оборудования, изготовление, поставку, ввод в эксплуатацию "под ключ", технический сервис и обучение персонала. Системы нефтегазоподготовки последнего поколения специально адаптируются к российским условиям эксплуатации, модифицируются и комплектуются с учетом состава исходного сырья, условий добычи и транспортировки углеводородов.

Для работы на шельфах арктических, дальневосточных и южных морей России предлагаются модульные компактные системы, применяемые на технологических платформах и плавучих комплексах добычи, хранения и отгрузки нефти (FPSO). Это полностью укомплектованные блоки разделения нефти и газа, обезвоживания, очистки от различных примесей, регенерации ТЭГ/МЭГ, а также вспомогательные модули.

Важно подчеркнуть, что поставляемое технологическое оборудование обеспечивает качественную подготовку нефти и газа благодаря комплексу факторов:

изготовление оборудования по индивидуальным требованиям;

максимальная заводская готовность;

полная автоматизация процесса управления;

компактная конструкция в модульном исполнении;

работа с различными по составу углеводородами;

подтвержденный коэффициент надежности – 99 %;

оптимальное соотношение стоимости, качества и эффективности.

Надежность предлагаемых систем нефтегазоподготовки подтверждена интенсивной эксплуатацией на разных континентах нашей планеты в любых климатических условиях, включая экстремальные.