

## АвтогазоЗаправочный Комплекс

## + Альтернативное топливо

#### Международный научно-технический журнал

№ 2 (95) 2015 г.

Издаётся с января 2002 г.

Периодичность - ежемесячно

#### Журнал включён в Перечень изданий ВАК Минобрнауки РФ

#### Учредитель -СОДЕРЖАНИЕ ООО «Издательство Машиностроение» Главный редактор Самедова Ф.И., Абдуллаева Ю.А., Гусейнова Г.А., Бабаева Ф.А., В.Ф. Третьяков – академик РАИН, Шахвердиева А.Ф., Елчиева У.Д. д-р хим. наук, профессор Оценка попутных нефтяных газов, выделенных из нефтей Зам. главного редактора Н.В. Нефёдова Ерохов В.И. Председатель редакционного совета Проектирование и расчет широкополосного кислородного датчика В.Ф. Корнюшко – д-р техн. наук, современных транспортных двигателей ......5 Заслуженный деятель науки и техники РФ Гусейнова Г.А., Самедова Ф.И., Рашидова С.Ю., Гулиев А.И., Гаджиева И.А. Состав редакционного совета: Алкилирование индивидуальных углеводородов и нефтяных д.т.н. С.П. Горбачев фракций на цеолитсодержащих катализаторах ......14 (ООО «ВНИИГАЗ», г. Москва) член-корр. АН РТ **Г.С. Дьяконов** Научные результаты и практические данные по традиционным (Респ. Татарстан, г. Казань) д.т.н. Н.А. Иващенко Алексей Миллер: газовый КАМАЗ доказал эффективность (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва) д.т.н. Н.Г. Кириллов (ООО «ИИЦ Стирлинг-Технологии», г. Санкт-Петербург) «Газпром» активно ведет газификацию Ростовской области ..............36 д.т.н. Г.К. Лавренченко («УА-СИГМА», Украина) В Волгоградской области обсудили план развития рынка член-корр. НАН Ю.Н. Литвишков (Азербайджан, г. Баку) «Газпром газомоторное топливо» и Вологодская область будут академик НАН И.И. Лиштван развивать газомоторную инфраструктуру......38 (Беларусь, г. Минск) Андрей Сергеев академик РАЕН С.В. Мещеряков В Приволжье транспорт переводят на газовое топливо......39 (МИНГП, г. Москва) «Газпром» заключил с Ямал СПГ контракт на продажу п.э.н. А.В. Николаенко (МГТУ МАМИ, г. Москва) Уральский опыт по применению СПГ востребован О.Н. Румянцева для всей системы транспорта РФ......41 (ООО «Издательство Машиностроение») Коммерческие переговоры о новом контракте с Китаем д.х.н. Р.М. Талышинский (РАН ИНХС, г. Москва) продвигаются хорошими темпами......41 академик НАН РК, **Е.М. Шайхутдинов** В 2016-2019 годах будут построены 15 арктических газовозов (Респ. Казахстан, г. Алматы) Ямал СПГ ......42 Редактор: «Газпром» принял решение о строительстве Балтийского СПГ О.А. Филоретова Компьютерная верстка «Новатэк» и «Тоталь» планируют запустить проект «Ямал-СПГ» А.В. Кубрак в 2017 году.......43 Адрес и телефон редакции: ОМЗ приступил к серийному производству сосудов высокого 107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4 давления для газозаправочных станций.......44 Тел. 8 (499) 268-41-77 Крупнейшее независимое китайское рейтинговое агентство Dagong E-mail: info.agzk-at@mashin.ru присвоило «Газпрому» наивысший рейтинг кредитоспособности....45 mashpubl@mashin.ru Роман Зубко www.mashin.ru Как сэкономить на бензине: тестируем газовый Passat .......46 Подписано в печать 16.02.2015 Медленно, но верно. Итоги конференции КПГ 2014 ......50 Формат 60х88 1/8. Бумага мелованная. Усл. печ. л. 6,86. Chevrolet рассекретил гибридный Volt нового поколения ......54 Отпечатано в ООО «Белый ветер», 115407, г. Москва, Chevron прекращает разведку сланцевого газа в Польше......56

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** 

Нагатинская наб. д. 54, пом. 4

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.



## АвтоГазоЗаправочный Комплекс

### Альтернативное топливо

Международный научно-технический журнал

№ 2 (95) 2015

#### **Published from January, 2002**

Periodicity - monthly

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

#### **CONTENTS** LLC «Publishers Machinostroenie» Samedova F.I., Abdullayeva Y.A., Guseynova G.A., Babayeva F.A., Shahverdiyeva A.F., EditorCinCchief: V.F. Tretyakov - academician of RAES, Evaluation associated gas separated from petroleum oil and gas bearing regions doctor of chemical sciences, professor of absheron of Azerbaijan ......3 Deputy editor N.V. Nefedova Design and calculation of wideband oxygen sensor modern vehicle engines ......5 Chairman of the editorial board Guseynov, G. A., Samedova F. I., Rashidova S. Yu, Guliyev A. I., Gadjiyeva I. A V.F. Kornyushko - doctor of technical sciences, Alkylation of individual hydrocarbons and petroleum fractions over honored scientist of the Russian Federation zeolite catalysts......14 The editorial board: Osadchv G.B. doct. of techn. sc. S.P. Gorbachev Scientific results and practical data on traditional biogas plants (LLC «VNIIGAZ», Moscow) corresponding member of the AS RT G.S. D'yaconov (Tatarstan Resp., Kazan) Alexey Miller: gas KAMAZ has proven the effectiveness of natural gas as doct. of techn. sc. N.A. Ivashchenko (Bauman MSTU, Moscow) doct. of techn. sc. N.G. Kirillov Gazprom is actively engaged in the gasification of the Rostov region ......36 (LLC «IPC Stirling-Technology», St. Petersburg) In the Volgograd region discussed the plan of development of the market doct. of techn. sc. G.K. Lavrenchenko («UA-SIGMA», Ukraine) Gazprom gas fuel and the Vologda region will be to develop corresponding member of the ANAS Y.N. Litvishkov gas infrastructure......38 (Azerbaijan, Baku) academician of the NAS I.I. Lishtvan Andrey Sergeev (Belarus, Minsk) academician of the RANS S.V. Meshchervakov Gazprom has signed with Yamal LNG contract for the sale (MINGP, Moscow) of 2.9 million tons LNG.......41 doct. of econom. sc. A.V. Nikolaenko (MSUME, Ural experiences in the use of LNG demand for the whole system Moscow) of transport of the Russian Federation ......41 O.N. Rumyantseva Commercial negotiations on a new contract with China (LLC «Publishers Machinostroenie») moving at a good pace ......41 doct. of chem. sc. R.M. Talyshinsky (TIPS RAS, In 2016-2019 years will be built 15 Arctic LNG carriers Yamal LNG......42 Academician of the NAS RK E.M. Shaikhutdinov Gazprom has decided on the construction of the Baltic LNG in Ust-Luga.......43 (Kazakhstan Resp., Almaty) NOVATEK and Total plan to start the project «Yamal LNG in 2017......43 **Editor:** OMZ has started mass production of vessels high pressure for gas stations......44 O.A. Filoretova The largest independent Chinese rating Agency Dagong assigned to Gazprom Computer Design highest credit rating ......45 A.V. Kubrak Roman Zubko Address and phone edition: 107076, Moscow, Stromynsky per., building 4 Slowly, but surely. The results of the conference CNG 2014 ......50 Tel: 8 (499) 268-41-77 E-mobile goes by target group......53 E-mail: info.agzk-at@mashin.ru Chevrolet has unveiled a hybrid Volt new generation......54 mashpubl@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),

www.mashin.ru

Registration certificate PI N FS77-48491

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

Chevron halts shale gas exploration in Poland......56

## ОЦЕНКА ПОПУТНЫХ НЕФТЯНЫХ ГАЗОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ НЕФТЕЙ АБШЕРОНСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА АЗЕРБАЙДЖАНА

Самедова Ф.И., Абдуллаева Ю.А., Гусейнова Г.А., Бабаева Ф.А., Шахвердиева А.Ф., Елчиева У.Д., Институт нефтехимических процессов НАН Азербайджана, г. Баку

Приведены результаты сравнительных исследований состава попутных нефтяных газов (ПНГ), выделенных из нефтей Сураханского и Абшеронского месторождений Абшеронского нефтегазоносного района Азербайджана. Как показал газохроматографический анализ, в ПНГ нефти Абшеронского района кроме легких углеводородов содержатся углеводороды  $C_6$ ,  $C_7$  как линейного, так и циклического ряда, в том числе бензол. Нефть Сураханского месторождения отличается наличием большого количества легких углеводородов – этана и пропана и отсутствием изомеров  $C_6$ ,  $C_7$ .

Ключевые слова: Попутные нефтяные газы, нефти Азербайджана, газохроматографический анализ

# EVALUATION ASSOCIATED GAS SEPARATED FROM PETROLEUM OIL AND GAS BEARING REGIONS OF ABSHERON OF AZERBAIJAN

Samedova F.I., Abdullayeva Y.A., Guseynova G.A., Babayeva F.A., Shahverdiyeva A.F., Elchiyeva U.D. Institute of petrochemical processes, national Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku

The results of comparative studies of passing petroleum gas (PPG), isolated from oil fields Surakhani and Absheron of the Absheron oil and gas region of Azerbaijan. As shown by gaz chromatographic analysis in PPG of oil of the Absheron of district except for easy hydrocarbons there are hydrocarbons of  $C_6$ ,  $C_7$  of both linear and cyclic row, including benzene. Oil field Surakhan characterized by having a large amount of light hydrocarbons – ethane and propane and absence isomers  $C_c$ ,  $C_7$ .

Keywords: passing petroleum gas, oils of Azerbaijan, chromatographic analysis

Важнейшими задачами нефтеперерабатывающей промышленности Азербайджана являются обеспечение сырьем нефтехимических процессов и производство экологически чистых моторных топлив [1].

Нефтеперерабатывающие заводы Государственной Нефтяной Компании Азербайджана (ГНКАР) в 2011 г. переработали 5,782 млн т сырой нефти [2]. Из общего объема переработанной нефти было произведено около 1,34 млн т бензина, из них около 1,174 млн т автомобильного; более 2,137 млн т дизельного топлива; 246,34 тыс. т нефтяного кокса; 241,12 тыс. т нефтяного битума; 212,2 тыс. т товарного печного мазута; 197,76 тыс. т сжиженного газа; 132, 63 тыс. т топлива для двигателей и 84,84 тыс. т смазочных масел [3].

Проблема утилизации и рационального применения попутных нефтяных газов (ПНГ) остается одной из экологических проблем нефтеперераба-

тывающей промышленности. В нефтях, направляемых на переработку, содержатся ПНГ, которые при выделении представляют собой смесь газообразных продуктов  $C_1$ – $C_6$ , иногда до  $C_8$  различного строения. В зависимости от месторождения нефтей состав ПНГ может значительно отличаться. Для дальнейшей эффективной переработки ПНГ и определения направлений использования необходимы данные по их составу.

В статье приводятся результаты сравнительных исследований состава ПНГ из нефтей Абшеронского района: Сураханского и Абшеронского месторождений. Сураханское месторождение расположено на суше, а Абшеронское – в море. Несмотря на то, что данные нефти относятся к одному нефтегазоносному району, но отличаются не только месторасположением (континентальным и морским), но и физико-химическими характеристиками. Нефть месторасположения Абшерон является



тяжелой, малопарафинистой, малосернистой и высокосмолистой, а нефть Сураханского месторождения – легкой, малосмолистой и малосернистой.

ПНГ были выделены в процессе фракционирования указанных нефтей на американской установке согласно ASTMD 2892. Определен индивидуальный углеводородный состав ПНГ. Хроматографический анализ проведен на газовом хроматографе «Autosystem XL» фирмы Perkin Elmer с пламенно-ионизационным детектором, длиной колонки 100х2,5 м.

Индивидуальный углеводородный состав ПНГ нефтей Абшеронского и Сураханского месторождений показан в таблице. Как видно из данных таблицы, состав и количество ПНГ в исследуемых нефтях резко отличаются. Нефть Сураханского месторождения богата легкими углеводородами - этаном и пропаном, имеет меньшие количества изо-бутана и незначительные содержания метана, н-бутана и углеводородов С<sub>5</sub>. В нефтях Абшеронского месторождения преобладает этан, в чуть меньших количествах содержатся изо-бутан и изо-пентан, в ещё меньших - метан и пропан. Кроме того, эта нефть содержит углеводороды  $C_6$ ,  $C_7$  как линейного, так и циклического ряда, в том числе ароматический углеводород - бензол. В зависимости от состава и содержания ПНГ в нефтях разрабатываются пути рационального и полезного их использования.

Рациональное использование низкомолекулярных углеводородов, содержащихся в ПНГ, актуально и важно как с точки зрения получения ценных продуктов нефтехимии и органического синтеза, так и решения экологических проблем, связанных с защитой окружающей среды. Эффективным способом их переработки является химическое преобразование низкомолекулярных парафиновых углеводородов в ароматические соединения с использованием катализаторов на основе цеолита семейства пентасилов [4].

Нефти Сураханского и Абшеронского месторождений содержат ПНГ 0,1 и 0,02 % масс. соответственно. Несмотря на незначительное процентное содержание ПНГ в исследуемых нефтях, при переработке миллионов тонн нефти эта цифра внушительная. Одним из предлагаемых вариантов переработки ПНГ является их разделение на фракции на газоперерабатывающем заводе:  $C_1 - C_2$ ,  $C_3 - C_4$ ,  $C_5$  и выше. Из них тяжелые углеводороды могут быть использованы для получения метано-водородной смеси, применяемой в качестве топлив энергоустановок или для реакции конверсии метана или соконверсии его с углеводородами  $C_3 - C_4$  с образованием ароматических углеводородов. Изо- $C_4$  и

Индивидуальный углеводородный состав ПНГ

тидивидуальный углеводородный состав тітт					
Индивидуальные	Состав газа месторождений, % масс.				
углеводороды	Абшеронское	Сураханское			
Метан	6,24	1,99			
Этан	28,86	41,97			
Пропан	6,31	42,06			
Изо-бутан	17,63	11,76			
Н-бутан	3.90	1,85			
2,2-диметилпропан	0,68	0,05			
Изо-пентан	17,65	0,27			
Н-пентан	0,83	0,05			
2,2-диметилбутан	1,21	_			
2,3-диметилбутан	1,95	_			
2-метилпентан	1,32	_			
3-метилпентан	6,61	_			
Гексан	0,59	_			
2,2-диметилпентан	0,57	_			
Метилциклопентан	0,32	_			
2,4-диметилпентан	0,92	_			
Бензол	0,34	_			
Циклогексан	0,24	_			
2-метилгексан	0,32	_			
2,3-диметилпенгтан	1,26	_			
1,1-диметилцикло- пентан	1,03	_			
3-метилгексан	0,52	_			
1-цис,3- диметилциклопентан	0,15	-			
1-транс,3- диметилциклопентан	-	-			

 $C_5$  могут применяться в процессах алкилирования олефинами или пропан-пропиленовой (бутан-бутиленовой) фракциями газов каталитического крекинга с целью получения высокооктановых компонентов экологически чистых бензинов.

Кроме того, углеводороды  ${\rm C_2}-{\rm C_4}$  могут направляться на пиролиз для получения олефинов — как сырья для нефтехимического синтеза, а также ароматических углеводородов, получаемых в результате вторичных реакций при пиролизе.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- **1. Магеррамов А.М., Ахмедова Р.А., Ахмедова Н.Ф.** Нефтехимия и нефтепереработка. Баку: «Бакы университети», 2009, 660с.
  - 2. http://www.oilcapital.ru/downstream/132586. html
- **3. МустафаеваГ.Р., Салимова А.Н., Расулов С.Р.** Технология переработки газов каталитического крекинга /Нефтепереработка и нефтехимия, 2012, №5. С. 36–38
- 4. **Коробицына** Л.Л., **Арбузов Н.В., Восмери-ков А.В.** Превращение метана в ароматические углеводороды на металлсодержащих цеолитах /Нефтепереработка и нефтехимия, 2013, № 8. С. 18–21



УДК 629.113.6.5

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ШИРОКОПОЛОСНОГО КИСЛОРОДНОГО ДАТЧИКА СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

Приведены конструктивные и функциональные особенности широкополосных кислородных датчиков транспортных двигателей. Изложены особенности конструкции и принцип действия кислородных датчиков и основных их компонентов. Дана оценка технической и экологической эффективности применения широкополосных кислородных датчиков нового поколения.

**Ключевые слова**: широкополосный датчик, газовая аппаратура, газобаллонный автомобиль, отработавшие газы, каталитический нейтрализатор, система управления, оксид циркония, циркониевый датчик.

# DESIGN AND CALCULATION OF WIDEBAND OXYGEN SENSOR MODERN VEHICLE ENGINES

**V.I. Erokhov**, Professor, Moscow state engineering University «MAMI», Dr. V. A. Sciences, honored worker of science of the Russian Federation.

The design and functional features wideband oxygen sensor transport engines. Given the peculiarities of construction and principle of operation the oxygen sensors and their main components. The estimation of the technical and environmental efficiency of broadband oxygen sensors of new generation.

**Keywords**: broadband sensor, gas equipment, gas vehicle, exhaust gases, catalytic Converter, control system, zirconium oxide, zirconium sensor.

Жесткие экологические нормы способствуют применению на автомобилях каталитических нейтрализаторов, содержащих широкополосный кислородный датчик, обеспечивающий измерение состава горючей смеси в широком диапазоне эксплуатационных режимов. Широкополосный кислородный датчик обеспечивает точные измерения состава горючих смесей в диапазоне  $0,7 < \lambda < 4$ .

Кислородный датчик используют при работе двигателей на альтернативных и базовых топливах [1,4]. Широкая область применения датчика указывается в его маркировке: LSUL ambda Sensor Universal (от немецкого), (универсальный кислородный датчик).

Комплексная система снижения токсичности и дымности ОГ современного дизеля с l-зондом приведена на рис. 1.

Комплексная система дизеля 1 содержит систему питания «Commanrail», впускной 3 и выпускной 16 трубопровод, сообщенные между собой с помощью патрубка рециркуляции 20, нагнетатель 8 с

температурным датчиком, управляющий l-зонд 14 и электромагнитную форсунку 2, связанную электрической цепью 12 с электронным блоком управления (ЭБУ) 7, массовый расходомер воздуха 6, устройство дозирования специальной присадки к топливу, каталитический нейтрализатор и сажевый фильтр, ЭБУ 7, сообщенный с функциональными элементами. Расходомер воздуха 5 снабжен пленочным термоанемометром.

Система рециркуляции (РЦ) ОГ обеспечивает снижение окислов азота на режимах малых и средних нагрузок. Датчики концентрации кислорода подразделяются на электрохимические и резистивные. Первый тип датчиков работает по принципу элемента, вырабатывающего электрический ток на основе твердого электролита двуокиси циркония ( $\rm ZrO_2$ ), а второй – как резистор, изменяющий сопротивление цепи в зависимости от условий окружающей его среды [2, 3].

Общий вид кислородного датчика в сборе лямбда-зонд LSU4 l-зонд LSU 4приведен на рис. 2.



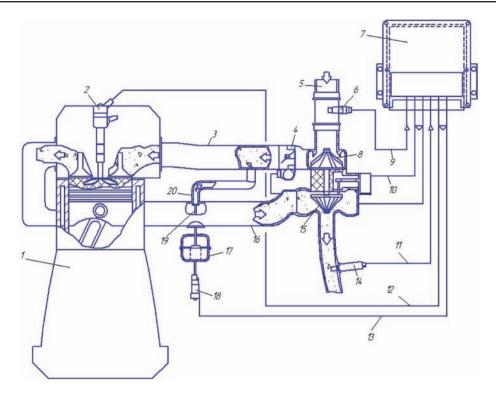


Рис. 1. Система снижения токсичности и дымности ОГ дизеля с l-зондом: 1 − двигатель; 2 − форсунка; 3 − впускной трубопровод; 4 − дроссельная заслонка; 5 − расходомер воздуха; 6 − датчик расходомера воздуха; 7 − электронный блок управления; 8 − нагнетатель; 9 − электрическая цепь расходомера воздуха; 10 − электрическая цепь турбонагнетателя; 11 −электрическая цепь кислородного датчика; 12 − электрическая цепь электромагнитной форсунки; 13 − электрическая цепь регулятора наддува; 14 − широкополосный кислородный l-зонд; 15 − турбокомпрессор; 16 − выпускной трубопровод; 17 − клапан регулирования давления; 18 − регулятор наддува; 19 − клапан системы рециркуляции; 20 − трубопровод рециркуляции ОГ

Основные элементы датчика кислорода изготовлены из жаростойких материалов, так как его рабочая температура может достигать 950 °C.

Блок управления двигателя использует кислородный датчик перед катализатором для регулирования состава горючей смеси, поступающей в цилиндры двигателя.

Систему  $\lambda$ -регулирования рассчитывают по разнице между заданным и измеренным значениями  $\lambda$ -сигнала широкополосного датчика, установленного перед катализатором. Сигнал датчика модулируется вынужденной амплитудой прямоугольной формы.

Широкополосный кислородный датчик LSU4 перед катализатором приведен на рис. 3.

Кислородный датчик содержит  $\lambda$ -зонд и розетку подключения его к ЭБУ. Датчик измеряет разность концентрации кислорода в окружающем воздухе и потоке ОГ. Посредством обогрева  $\lambda$ -зонда выполняется анализ коэффициента избытка воздуха при температуре ОГ 150 °C.

Схема устройства измерительного элемента широкополосного  $\lambda$ -зонда LSU перед катализатором представлена на рис. 4.



**Рис. 2.** Общий вид кислородного датчика в сборе l-зонд LSU 4. Кислородный датчик в сборе содержит l-зонд и электрический разъем, соединенные при помощи электрической проводки

Элемент 7 концентрации кислорода с одной стороны сообщен с атмосферой каналом 5 (эталонный воздух), а с другой стороны – с потоком ОГ в диффузионным зазоре 6. Датчик нагревается до температуры 600... 800 °C, обеспечивая генерирование готового сигнала.

Элемент накачки кислорода 8 расположен по отношению к элементу концентрации кислорода



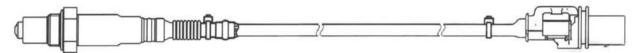
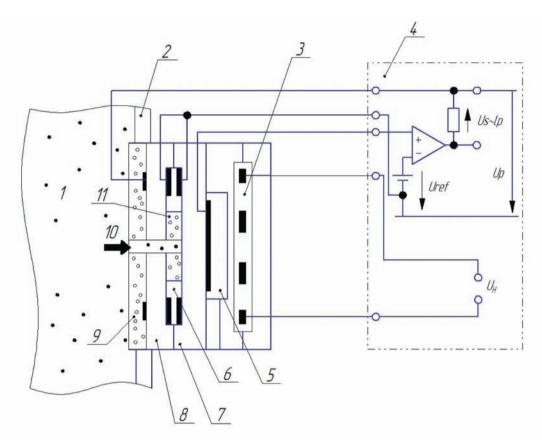


Рис. 3. Широкополосный кислородный датчик LSU4



**Рис. 4.** Схема устройства измерительного элемента плоского планарного широкополосного кислородного датчика: 1 – отработавшие газы; 2 – выпускной трубопровод; 3 – нагревательный элемент; 4 – электронная схема управления; 5 – опорный элемент с каналом эталонного воздуха; 6 – измерительная камера (диффузионный зазор); 7 – ячейка концентрации кислорода Нернста; 8 – ячейка накачки кислорода с внутренним и внешним электродами; 9 – пористый защитный слой; 10 – канал входа газов; 11 – пористый диффузионный барьер;  $I_p$  – ток накачки;  $U_p$  – напряжение накачки;  $U_u$  – напряжение нагревателя;  $U_{Ref}$  – опорное напряжение;  $U_s$  – напряжение датчика

с образованием измерительной камеры (диффузионный зазор) 6 величиной 10...50 мкм, который соединяется с ОГ через канал подачи газа 10. Пористый элемент, представляющий диффузионный барьер 11, предназначен для ограничения потока молекул кислорода от ОГ.

Широкополосный кислородный датчик LSU4 является плоским планарным датчиком с двумя элементами, работающим по принципу предельного тока.

Датчик включает в себя измерительный элемент из диоксида циркония, который является комбинацией элемента концентрации кислорода Нернста (элемент датчика, который работает так же, как и двухступенчатый  $\lambda$ -зонд) и элемент накачки кислорода для перемещения ионов кислорода.

Датчик кислорода представляет собой гальваническую ячейку (ячейку Нернста) с твердым электролитом. В качестве электролита используется газонепроницаемая керамика из диоксида циркония  $(\mathrm{ZrO}_2)$ , стабилизированного оксидом иттрия  $(\mathrm{YO})$ .

На внешнюю и внутреннюю сторону керамики нанесены газонепроницаемые электроды из тонкого слоя платины. Сторона чувствительной керамики, обращенная к ОГ, во избежание ее загрязнения прокрыта слоем пористой шпинелевой керамики, получившей минералогическое название тетраоксидадиалюминия—магния. Металлическая трубка со щелями предохраняет керамику от ударов и чрезмерных тепловых воздействий. Внутренняя полость сообщается с атмосферой и служит в качестве референсной (опорной) стороны датчика.



Работа датчика основана на принципе ячейки Нернста (гальванической ячейки). Керамический материал пропускает ионы кислорода при температуре от 350 °С и выше. Разница в количестве кислорода с разных сторон чувствительной зоны датчика приводит к образованию электрического потенциала (напряжения) между этими двумя поверхностями (внутренней и внешней). Величина напряжения является показателем количества кислорода в ОГ и точно соответствует пропорции между топливом и воздухом, поступающими в двигатель.

Датчик устанавливают в выпускном тракте и регистрируют поток ОГ из цилиндров. Широкополосный  $\lambda$ -зонд LSU4 (рис. 4) оснащен измерительной камерой 6, ячейкой накачки 8 и сенсорной ячейкой 7 (концентрационный элемент Нернста).

Через маленькое отверстие канала 10 в стенке насосной ячейки ОГ попадают в измерительную камеру (диффузионная щель) в ячейке Нернста. Электронная схема модуляции напряжения питания поддерживает в измерительной камере состав ОГ, соответствующий  $\lambda = 1$ . Для этого насосная ячейка при работе двигателя на бедной смеси при избытке кислорода в ОГ удаляет кислород из диффузионной щели во внешнюю среду. При богатой смеси и недостатке кислорода в ОГ перекачивает ионы кислорода из окружающей среды в диффузионную щель. Насосный ток пропорционален концентрации кислорода и является показателем величины  $\lambda$ -фактора ОГ.

Работа датчика не зависит от ступенчатого переключения ячейки Нернста, поэтому коэффициент избыточного воздуха ( $\lambda$ ) может быть измерен в широких пределах от 0,7 до 4,0.

Экологический контроль двигателя по  $\lambda$  может работать во всем спектре его значений. Встроенный нагреватель обеспечивает рабочую температуру не ниже 600 °C.

Пористый диффузионный барьер ограничивает проникновение молекул кислорода из ОГ.

При подаче насосного напряжения на платиновые электроды насосного элемента можно закачивать кислород из ОГ сквозь диффузионный барьер внутрь диффузионной щели или откачивать его. Блок управления регулирует напряжение с помощью концентрационного элемента Нернста таким образом, что состав газа в диффузионной щели остается постоянным при  $\lambda$ =1. При бедных ОГ насосный элемент откачивает кислород наружу (положительное направление насосного тока). При богатых ОГ кислород (получаемый каталитическим разложением  $CO_2$  и  $H_2O$  на электроде ОГ) из окружающих ОГ закачивается в диффузионную

щель (отрицательное направление насосного тока). При  $\lambda=1$  кислород не должен перемещаться, а сила насосного тока равна нулю. Сила насосного тока пропорциональна концентрации кислорода в ОГ и является величиной, соответствующей (нелинейно) составу горючей смеси ( $\lambda$ ).

Сущность работы ячейки заключается в следующем. Если твердый электролит имеет на поверхности металлический электрод, то благодаря подвижности ионов кислорода на границе метал – твердый электролит – газовая фаза, устанавливается равновесие по кислороду, которое характеризуется определенным электродным потенциалом. Так как потенциал электрода измерить непосредственно невозможно, измеряют разность потенциалов двух электродов, один из которых расположен в анализируемой, а другой – в сравнительной среде.

Разность электродных потенциалов связана с парциальным давлением кислорода в анализируемом газе и сравнительной среде уравнением Нерста

$$E = \frac{RT}{4F} \cdot \ln \frac{P_o}{P_r} \tag{1}$$

где E — разность электродных потенциалов (ЭДС ячейки), В; R=8,314 Дж/моль·К — газовая постоянная; T — температура ячейки, K;  $4F=4\cdot96500$  Кл/моль — количество электричества, необходимое для электрохимического переноса 1 моля кислорода;  $P_{o}$ и  $P_{x}$ — парциальные давления кислорода соответственно в сравнительной среде и анализируемом газе,  $\Pi$ а.

Если давление анализируемого газа равно давлению сравнительной среды, то отношение парциальных давлений в формуле (1) можно заменить отношением концентраций

$$E = \frac{RT}{4F} \cdot \ln \frac{C_o}{C_r} \tag{2}$$

 $C_{o}$ и  $C_{x}$  – объемные доли кислорода соответственно в сравнительной среде и анализируемом газе. %

Сравнительной средой ячейки является окружающий атмосферный воздух, в котором при нормальных условиях применения составляет  $(20.7 \mp 0.2)\%$  кислорода.

Анализируемый газ из ячейки свободно выходит в атмосферу, благодаря чему достигается равенство давлений анализируемого газа и сравнительной среды.

Широкополосный кислородный датчик измеряет концентрацию остаточного кислорода в вы-



пускном трубопроводе 1, являющуюся индикатором состава горючей смеси.

ОГ поступают в измерительную камеру (диффузионный зазор) б элемента концентрации кислорода Нернста через канал входа газа в элементе 8 накачки. Для того чтобы регулировать коэффициент избытка воздуха в диффузионном зазоре, элемент концентрации Нернста сравнивает ОГ в диффузионном зазоре с окружающим воздухом в канале с эталонным воздухом. Подача напряжения накачки  $U_{\scriptscriptstyle \mathrm{D}}$  к платиновым электродам элемента накачки заставляет кислород из ОГ проходить через диффузионный барьер внутрь диффузионного зазора или из него. С помощью элемента концентрации кислорода Нернста электронная схема в ЭБУ регулирует напряжение  $U_{\scriptscriptstyle \mathrm{D}}$  приложенное к элементу накачки и обеспечивающее постоянный состав газа в диффузионном зазоре при  $\lambda = 1$ . Если в ОГ имеется избыток (бедная смесь) кислорода, то элемент накачки направляет кислород наружу (положительный ток накачки). С другой стороны, если имеется недостаток кислорода (богатая смесь), то из-за разложения СО, и Н<sub>2</sub>О кислород передается из окружающих ОГ в диффузионный зазор (отрицательный ток накачки). Поскольку при  $\lambda = 1$  нет необходимости транспортировать кислород, то ток в элементе накачки равен нулю.

Широкополосный датчик использует электрическую схему, управляющую током накачки насосной ячейки. Величина этого тока измеряется как признак содержания избыточного кислорода в ОГ. Работа датчика не зависит от ступенчатости в работе ячейки Нерста, поэтому коэффициент избыточного воздуха ( $\lambda$ ) может быть измерен в широких пределах от 0,7 до 4,0.

Пористый диффузионный барьер ограничивает проникновение молекул кислорода из ОГ. Элемент Нерста, с одной стороны, через опорный элемент связан с каналом опорного воздуха из окружающей среды, а с другой – он подвергается действию ОГ через диффузионные щели.

При подаче насосного напряжения на платиновые электроды насосного элемента можно закачивать кислород из ОГ сквозь диффузионный барьер внутрь диффузионной щели или откачивать его. Блок управления регулирует напряжение с помощью концентрационного элемента Нерста таким образом, что состав газа в диффузионной щели остается постоянным при  $\lambda = 1$ . При бедных ОГ насосный элемент откачивает кислород наружу (положительное направление насосного тока). При богатых ОГ кислород (получаемый каталитическим разложением СО, и H,O на электроде ОГ)

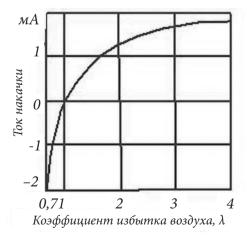
из окружающих ОГ закачивается в диффузионную щель (отрицательное направление насосного тока). При  $\lambda$ -1 кислород не должен перемещаться, а сила насосного тока равна нулю. Сила насосного тока пропорциональна концентрации кислорода в ОГ и является величиной, соответствующей  $\lambda$  (нелинейно ).

Подача напряжения накачки  $U_{\scriptscriptstyle \mathrm{D}}$  к платиновым электродам элемента накачки заставляет кислород из ОГ проходить через диффузионный барьер внутрь диффузионного зазора или из него. С помощью элемента концентрации кислорода Нернста электронная схема в ЭБУ регулирует напряжение  $U_{\rm p}$  приложенное к элементу накачки и обеспечивающее постоянный состав газа в диффузионном зазоре при  $\lambda = 1$ . Если в ОГ имеется избыток (бедная смесь) кислорода, то элемент накачки направляет кислород наружу (положительный ток накачки). С другой стороны, если имеется недостаток кислорода (богатая смесь), то из-за разложения СО, и Н<sub>2</sub>О кислород передается из окружающих ОГ в диффузионный зазор (отрицательный ток накачки). Поскольку при  $\lambda = 1$  отсутствует необходимость транспортировать кислород, то ток в элементе накачки равен нулю.

Ток накачки  $I_p$  широкополосного кислородного датчика в функции коэффициента избытка воздуха  $\lambda$  приведен на рис. 5.

Ток накачки пропорционален концентрации кислорода в ОГ и является мерой нелинейной величины  $\lambda$ .

При бедных смесях насосный элемент откачивает кислород наружу (положительное направление насосного тока). При богатых ОГ кислород (получаемый каталитическим разложением  ${\rm CO_2}$  и  ${\rm H_2O}$  на электроде ОГ) из окружающих ОГ закачивается в диффузионную щель (отрицательное



**Рис. 5.** Ток накачки широкополосного  $\lambda$ -зонда в зависимости от  $\lambda$ 



направление насосного тока). При  $\lambda=1$  не должен перемещаться, а сила насосного тока равна нулю. Сила тока пропорциональна концентрации кислорода в ОГ и является величиной, соответствующей (нелинейно)  $\lambda$ .

Ток накачки пропорционален концентрации кислорода в ОГ и является мерой нелинейной величины  $\lambda$ . Широкополосный датчик плавно измеряет соотношение массы воздуха, начиная от значения  $\lambda=0,65$ . Линейно протекающий ток накачки служит показателем для ЭБУ.

С помощью тока накачки в измерительную камеру накачиваются ионы кислорода, создавая при этом напряжение между электродами в основном воздушном канале и измерительной камере 450 мВ. Ток накачки является показателем для значения  $\lambda$  -зонда.

Кислородный датчик измеряет разность концентрации кислорода в окружающем воздухе и потоке ОГ. Выходной сигнал зонда непосредственно представляет собой величину коэффициента избытка воздуха в ОГ. Посредством обогрева зонда выполняется анализ коэффициента избытка воздуха при температуре ОГ 150 °C.

Общий вид планарного широкополосного кислородного датчика LSU4 приведен на рис. 6.

Плоский планарный широкополосный кислородный датчик LSU4 приведен на рис. 7.

Датчик является плоским планарным датчиком с двумя элементами, работающим по принципу предельного тока. Датчик включает в себя измерительный элемент из диоксида циркония, который является комбинацией элемента концентрации кислорода Нернста (элемент датчика, работающий как двухступенчатый  $\lambda$ -зонд) и элемент накачки 8 кислорода для перемещения ионов кислорода.

Датчик создает ступенчатое изменение выходного напряжения при переходе  $\lambda$  через единицу и представляет собой герметичную керамическую конструкцию. Он содержит двухслойную защитную трубку, предохраняет чувствительный элемент от чрезмерных тепловых и механических воздействий.

Планарный датчик содержит твердотельный электролит в виде слоев керамики

Характер зависимости напряжения датчика кислорода от коэффициента избытка воздуха при температуре датчика 500...900 приведен на рис. 8.

Широкополосный кислородный датчик измеряет концентрацию остаточного кислорода, являющейся индикатором состава горючей смеси. Получая сведения от l-зонда о количестве кислорода в ОГ.

Датчик кислорода снабжен керамическим твердым электролитом (оксид циркония  ${\rm ZrO_2}$  и иттрия  ${\rm ItO}$ ) с платиновым и металлическим электродами.



**Рис. 6.** Общий вид планарного широкополосного кислородного датчика LSU 4

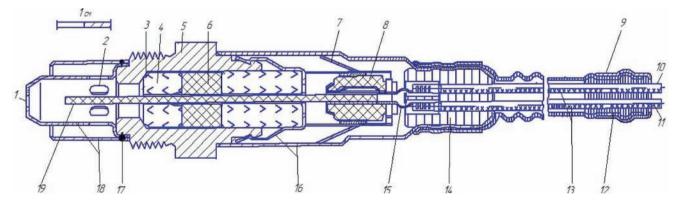
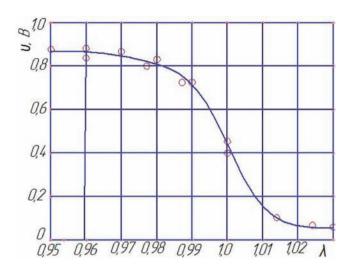


Рис.7. Плоский планарный широкополосный кислородный датчик LSU4: 1- входное отверстие; 2- боковое отверстие; 3 - уплотнительное кольцо; 4 - керамический трубчатый держатель; 5 - корпус датчика; 6 - керамическая герметизирующая вставка; 7- опора; 8 -держатель выводов; 9 - гофрированная тефлоновая втулка; 10 и 11 - выводы пяти соединительных проводов; 12 - уплотнительное кольцо; 13 - пять соединительных выводов; 14- тефлоновая втулка; 15 - контактная вилка; 16 - защитная втулка;17 - уплотнительное кольцо; 18 - двойная защитная трубка; 19 - измерительный элемент





**Рис. 8.** Характер зависимости напряжения датчика кислорода от коэффициента избытка воздуха при температуре датчика 500...900 °C

Индивидуальные активные элементы широкополосного кислородного датчика приведены на рис. 9.

Они выполнены по технологии шелкографии. Пакетирование ламинированных слоев в различ-

ных конфигурациях позволяет интегрировать нагреватель прямо в чувствительный элемент.

Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внутреннем и внешнем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между электродами.

Керамика датчика легирована оксидом иттрия, а поверх нее напылены токопроводящие пористые электроды из платины. Один из электродов находится в зоне ОГ, а второй – в воздухе атмосферы. Эффективное измерение остаточного кислорода λ-зонд обеспечивает после разогрева до температуры 300...400 °С. Циркониевый электролит приобретает проводимость, а разница в количестве атмосферного кислорода и кислорода в ОГ ведет к появлению на электродах λ-зонда выходного напряжения.

Наличие кислорода в ОГ характерно для бедной смеси, отсутствие кислорода – для богатой смеси. Показания датчика используют для корректировки подачи топлива.

Электрохимическая реакция в датчике сопровождающаяся появлением тока, может быть представлена зависимостью

$$I = C \cdot \frac{D_{o2}}{T} \cdot \frac{P \cdot S}{I} \cdot \ln \left( \frac{l}{1 - (P_o / P)} \right), \tag{3}$$

где I — ток, протекающий через чувствительный элемент; C — постоянная величина;  $D_{\tiny{02}}$  — коэффициент диффузии слоя; T — абсолютная температура; S — площадь поверхности электродов; l — глубина диффузионного слоя;  $P_{\tiny{0}}$  — парциальное давление кислорода у атмосферного электрода; P — абсолютное давление.

Диффузионный слой состоит из молекул, радиус пор которых составляет (100...1000) А>1. Диффузионный слой ограничивает молекулярную диффузию, вызываемую парциальным давлением кислорода. Чем больше концентрация кислорода в ОГ, тем меньше выходное напряжение на кислородном датчике. Диапазон рабочих температур обычных датчиков составляет (300...400) °С. Диа-

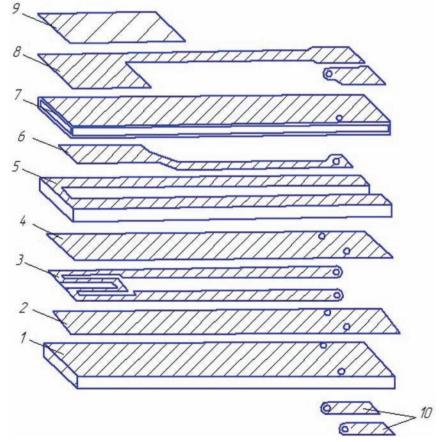


Рис. 9. Рабочие слои планарного датчика кислорода: 1 – покрытие нагревателя; 2 – слой изоляции (покрытие); 3 – нагреватель; 4 – слой изоляции; 5 – слой изоляции со стороны наружного воздуха; 6 – внутренний электрод; 7 – покрытие датчика; 8 – внешний электрод; 9 – пористый защитный слой; 10 – контакты



пазон выходного напряжения датчика составляет 0,01...1,0 В.

Зависимость выходного напряжения кислородного датчика от разницы содержания кислорода в ОГ и атмосфере описывается следующей формулой:

$$U = \left(\frac{R \cdot T}{4F}\right) \ln \left(\frac{P_{o2}^{an}}{p_{o2}^{o2}}\right),\tag{4}$$

где R — универсальная газовая постоянная; T — абсолютная температура, K; F — постоянная Фарадея;  $P_{o2}^{an}$  — парциальное давление кислорода в атмосфере;  $p_{o2}^{oe}$  — парциальное давление кислорода в ОГ, Па.

По содержанию остатка кислорода в ОГ датчик определяет α, информирует ЭБУ и рассчитывает продолжительность открытия ЭМФ, обеспечивая в следующем рабочем цикле близкий к стехиометрическому составу горючей смеси (0,97...1,03).

Управление по сигналу l-зонда сопровождается периодическим изменением  $\alpha$ , причем колебания величины  $\alpha$  относительно  $\alpha=1$  не превосходят  $\pm$  0,03. Колебания  $\alpha$  и инерционность системы на переходных режимах приводят к тому, что реальная величина коэффициентов преобразования составляет 90 %. Основной l-зонд начинает работать при  $t=300\,^{\circ}$ С, поэтому для ускорения применяют электрический его подогрев.

Температура активации находится в пределах 250...350 °С. Продолжительность разогрева достигает нескольких минут и зависит от типа автомобиля.

По мере прогрева датчика сопротивление уменьшается и восстанавливается способность генерирования выходного сигнала. Датчик должен

иметь температуру не ниже 350 °С. Быстрый прогрев датчика после запуска двигателя обеспечивает подогревающий элемент. Включение или выключение подогревателя обеспечивает ЭБУ.

При достижении датчиком рабочих температур свыше 300 °C он выдает быстро изменяющееся напряжение в диапазоне 10...1000 мВ.

Общий вид широкополосного (в сборе)  $\lambda$ -зонд LSU после катализатора приведен на рис. 10.

При сгоревшем или отключенном l-зонде содержание СО в ОГ возрастает на порядок: от 0.1 - 0.3 % до 3 - 7 % и уменьшить его значение не всегда удается, так как запаса хода винта качества смеси может не хватить.

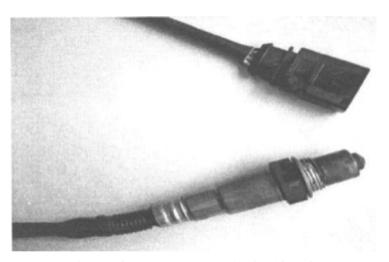
В автомобилях, система коррекции которых имеет два кислородных датчика, распознавание системы отказа имеет сложный характер. В случае отказа второго l-зонда (или нарушения герметичности секции катализатора) добиться нормальной работы двигателя практически невозможно.

Датчик, установленный перед катализатором, измеряет содержание кислорода в ОГ . В дальнейшем он будет продолжать измерять параметры при наличии или отсутствии катализатора и не влияет на сигналы l-зонда. Осциллограмма основного (a) и дополнительного (b) l-зонда приведена на рис. 11.

Неисправности кислородного датчика сопровождаются ухудшением динамики автомобиля, потерей приемистости двигателя и ухудшением его динамики. Одновременно наблюдается повышенный расход топлива, неустойчивая работа двигателя на малых оборотах, сопровождающаяся горением или миганием контрольной лампы (CheckEngine) при установившемся режиме двигателя. Работоспособность l-зонда проверяют с помощью осциллографа или l-тестером. Последний метод встречается редко в отечественных автосервисных предприятиях, но более точен при измерении.

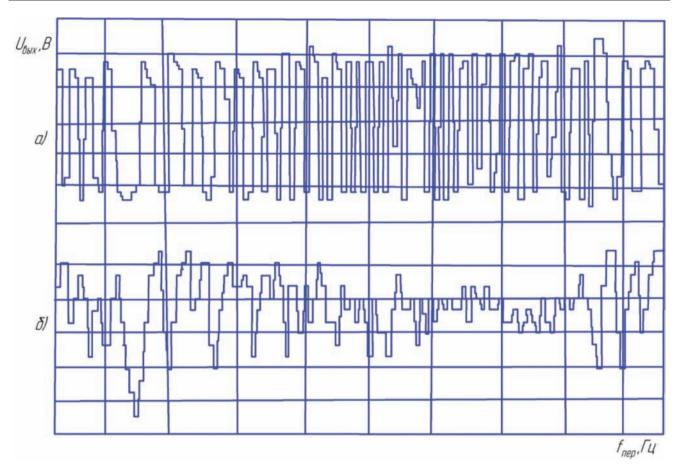
ЭБУ начинает работать по усредненным параметрам, записанным в его памяти. В результате появится повышенный расход топлива, неустойчивая работа двигателя на холостом ходу, увеличение содержания СО в ОГ, снижение динамических характеристик, но машина при этом остается на ходу.

Разработанная конструкция широкополосного кислородного датчика и система управления обеспечивают высокую точность приготовления смеси



**Рис. 10.** Общий вид широкополосного (в сборе) l-зонд LSU после катализатора





**Рис.11.** Осциллограмма основного (а) и диагностического (б) l-зонда.

и контроль эффективности работы каталитического нейтрализатора.

В качестве примера ВВ в ОГ с нейтрализатором и без нейтрализатора приведено в табл. 1.

Применение каталитического нейтрализатора с разработанным кислородным зондом обеспечивает снижение выброса СО в 1,42...1,45 раза;  $NO_x$  в 2,03...2,05 раза;  $C_mH_n$  – в 2,21...2,24 раза; твёрдых частиц – в 2,83...2,85 раза. При неисправном или отключенном l–зонде содержание СО в ОГ возрастает на порядок: от 0,1 – 0,3 % до 3 – 7 %.

В случае отказа второго l-зонда (или нарушения герметичности секции катализатора) добиться нормальной работы двигателя практически невозможно.

Таблица 1 Содержание ВВ в ОГ с нейтрализатором и без нейтрализатора

Вещество	K	Степень	
	до нейтрали- после нейтрали-		очистки %
	зации	зации	
CO	0,06	0,01	85
NO <sub>x</sub>	0,002	0,001	95
Альдегиды	0,0144	0,003	98
SO <sub>2</sub>	0,008	0	100

#### выводы и результаты

Предложен метод расчета и выбора параметров кислородного датчика. Разработаны математические модели параметров датчика.

Разработана конструкция широкополосного кислородного зонда и улучшенная система управления двигателя путем обратной связи. Система обеспечивает выполнение требований экологической эффективности уровня EURO-5.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1. **Ерохов В.И.** Системы впрыска бензиновых двигателей (конструкция, расчет, диагностика) М.: Горячая линия. Учебник для вузов, 2011, 567 с
- 2. **Электронное** управление дизельными двигателями. Перевод с английского. Учебное пособие. М.: ЗАО «Легион–Автодата», 2006. 96 с.
- 3. **Лещенко В.П.** Кислородные датчики. М.: Легион-Автодата, 2003, 112 с.
- 4. Двигатели на природном газе с блоком управления EGCA. Электрооборудование. Фирма MANTruckBusAktiengtseltschaft, 2011, 166 с.



# АЛКИЛИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ И НЕФТЯНЫХ ФРАКЦИЙ НА ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРАХ

**Гусейнова Г.А., Самедова Ф.И., Рашидова С.Ю., Гулиев А.И., Гаджиева И.А.** Институт нефтехимических процессов (ИНХП) Национальной Академии Наук Азербайджана, г. Баку

Рассмотрены процессы алкилирования на цеолитсодержащих катализаторах, направленные на получение высокооктановых компонентов бензинов на основе изобутана и олефинов, а также на улучшение качества нефтяных бензиновых и масляных фракций. В результате алкилирования бензиновых и масляных фракций олефинами происходит перестройка структуры углеводородов в направлении образования изопарафиновых и нафтеновых углеводородов. При этом улучшаются октановые характеристики бензиновых и вязкостно-температурные свойства (индекс вязкости) масляных фракций.

**Ключевые слова:** алкилирование, цеолитсодержащие катализаторы, бензиновые и масляные фракции, олефиновые и парафиновые углеводороды, октановое число, индекс вязкости.

# ALKYLATION OF INDIVIDUAL HYDROCARBONS AND PETROLEUM FRACTIONS OVER ZEOLITE CATALYSTS

**Guseynov, G. A., Samedova F. I., Rashidova S. Yu, Guliyev A. I., Gadjiyeva I. A.** Institute of petrochemical processes (IPCP) of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku

The processes of alkylation on zeolite catalysts, aimed at obtaining high-octane gasoline components on the basis of isobutane and olefins, as well as to improve the quality of petroleum gasoline and oil fractions. In the alkylation gasoline and oil fractions olefins occurs, the structure of the hydrocarbons in the direction of formation of isoparaffin and naphthenic hydrocarbons. This improves the octane characteristics of gasoline and viscosity-temperature properties (viscosity index) oil fractions.

**Keywords:** Alkylation, zeolite-containing catalysts, gasoline and oil fraction, olefinic and paraffinic hydrocarbons, octane number, the viscosity index.

Процессы алкилирования, применяемые на нефтеперерабатывающих предприятиях, позволяют квалифицированно использовать газообразные продукты нефтепереработки, получать стратегически важные продукты нефтехимического синтеза и улучшать качество бензинов. Известно, что алкилат, полученный в процессе алкилирования изобутана олефинами, состоит в основном из изопарафиновых углеводородов и является компонентом экологически чистых моторных топлив, повышающим их октановые числа. Применение цеолитсодержащих катализаторов вместо жидкокислотных в процессах алкилирования позволяет увеличить качество получаемых алкилатов и их селективность.

Ю.Г. Мамедалиев применил реакцию алкилирования в улучшении качества бензинов [1]. Путем алкилирования низкооктановых бензинов каталитического крекинга этиленом, пропиленом, бутиленом он показал возможность изменения структуры углеводородов бензинов за счет увеличения доли изопарафиновых углеводородов. Для увеличения октановых чисел бензинов применяют алкилароматические углеводороды, которые также

были синтезированы Ю.Г. Мамедалиевым. Синтез алкилбензолов и акилтолуолов проведен им на хлористом алюминии и серной кислоте. Однако в целях экологической безопасности бензинов более предпочтительны изопарафиновые углеводороды. Кроме того, в последнее время стандарты на бензины предусматривают ограничения по ароматическим углеводородам, особенно бензолу.

На цеолитах типа пентасилов, модифицированных ионами Zn и Zr, получены бензиновые фракции с повышенным октановым числом [2]. Исследованы два образца цеолитных катализаторов – пентасил в H-форме ( $SiO_2/Al_2O_3$ =61) и модифицированный пентасил, полученный пропиткой H-пентасила ионами  $Zn^{+2}$  и  $Zr^{+3}$  (Zn:Zr=1:1). Показано, что при равных условиях процесса на модифицированном образце выход катализата и содержание в нем ароматических углеводородов значительно выше, чем на не модифицированном. Авторы объясняют это бифункциональным действием катализатора, т.е. дегидрированием части парафинов до олефинов на Zn/Zr катализаторе и дальнейшим превращением олефинов в ароматические углеводороды на кислотных центрах цеолитов.



Обработка прямогонной бензиновой фракции н.к.-159  $^{\circ}$ С на цеолитах – н-пентасилах (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 61), модифицированных редкоземельными металлами, приводит к увеличению содержания олефинов в газообразных продуктах и уменьшает долю ароматических углеводородов в катализате [3]. Авторы объясняют это образованием слабокислотных ОН групп бренстедовского типа, которые уменьшают долю реакций перераспределения водорода и повышают селективность по низкомолекулярным углеводородам.

Проведенное гидрооблагораживание бензиновой фракции коксования на цеолитном катализаторе с содержанием редкоземельных элементов привело к повышению октановых чисел благодаря изомеризации и диспропорционированию непредельных углеводородов в парафиновые и ароматические [4].

Как известно, базовые масла из азербайджанских нефтей отличаются неудовлетворительными вязкостно-температурными свойствами (низким индексом вязкости). Поэтому низкозастывающие масла с высоким индексом вязкости из нефтей Азербайджана возможно получить только с помощью перестройки структуры углеводородов. Основным направлением улучшения качества базовых масел является использование для их получения процессов, изменяющих химический состав в сторону образования изопарафиновых и нафтеновых углеводородов.

Впервые алкилирование нефтяных масляных фракций этиленом и α-олефинами проведено в ИНХП на AlCl<sub>3</sub> [5]. Авторами показано, что в процессе алкилирования происходит изменение углеводородного состава масляной фракции с образованием большего количества парафино-нафтеновых углеводородов с нафтенами меньшей цикличности и высоким содержанием изопарафинов. В процессе происходит разрыв нафтеновых колец в гибридных структурах и изомеризация алкильных фрагментов [6].

Насыщение масляных фракций изопарафиновыми углеводородами позволяет улучшить их реологические свойства, уменьшить испаряемость, увеличить термоокислительную стабильность, а также ряд эксплуатационных показателей. Поэтому алкилирование является одним из способов увеличения изопарафиновых углеводородов за счет превращения парафинов нормального строения в изопарафины.

Проведенное алкилирование масляной фракции α-олефинами на цеолитсодержащем катализаторе Цеокар-2 позволило увеличить индекс вязкости масла на 15-17 ед. [7]. Предварительное гидро-

облагораживание масляной фракции на Al–Co–Mo катализаторе и дальнейшее её алкилирование α-олефинами позволило получить масло с индексом вязкости 100-107.

Алкилирование фракции турбинного масла деценом-1 и гексеном-1 на катализаторах Цеокар-2 и Цеокар-600 привело к увеличению индекса вязкости на 8-12 ед. масляной фракции, выделенной из полученного алкилата [8–10]. Необходимо отметить также, что масляные фракции отличаются более высоким уровнем вязкости по сравнению с исходным маслом. При этом температура застывания масляных фракций не изменилась, а осталась на уровне исходного турбинного масла – минус 40 °С.

Одним из путей воздействия на химический состав масляных фракций является процесс каталитического гидрокрекинга, применение которого исключает проведение процесса селективной очистки [11]. Однако этот процесс проводится при высоких давлениях до 15–20 МПа и температурах порядка 450–480 °С в присутствии водорода. В зависимости от условий гидрокрекинга наряду с маслами получают бензины, реактивные и дизельные топлива. В качестве катализаторов гидрокрекинга используют цеолиты У, морденит, в которых ионы Na замещены на протоны и катионы редкоземельных элементов [12]. Автором отмечено, что активность и селективность этих катализаторов зависит от их кислотности.

Реакция алкилирования сопровождается побочными реакциями крекинга, олигомеризации, ароматизации, диспропорционирования, изомеризации, дегидроциклизации и т.д., в результате которых происходит образование углеводородов различной структуры. При определенном сочетании углеводородов происходит изменение свойств масла, таких как вязкость, индекс вязкости, температура застывания. Поэтому важен подбор катализатора и условий реакции, способных вести реакцию в необходимом направлении с образованием углеводородов, обеспечивающих требуемые свойства масел. Поскольку в нефтяных маслах присутствуют олефиновые, парафиновые, нафтеновые и ароматические углеводороды и все они будут подвергаться определенным изменениям, то важно изучить превращения всех групп углеводородов в процессе алкилирования на цеолитсодержащих катализаторах.

Основными направлениями процесса алкилирования на цеолитсодержащих катализаторах является алкилирование индивидуальных углеводородов [13]. При алкилировании парафиновых углеводородов наибольшее внимание уделяется изо-бутану, из ароматических – бензолу, толуолу, п-ксилолу, псевдокумолу. В качестве алкилирую-



щего агента используют этилен, пропилен, бутены. Процесс алкилирования изобутана олефинами является одним из ведущих направлений синтеза высокооктановых компонентов моторных топлив с использованием реакции взаимодействия изобутана с олефинами в присутствии катализатора.

На цеолитах У в Н-форме проведен процесс алкилирования изобутана бутенами в традиционных и сверхкритических условиях с целью получения компонентов экологически чистых бензинов [14]. Проведение реакции алкилирования в сверхкритических условиях позволяет увеличить длительность работы катализаторов за счет растворения в сверхкритических флюидах продуктов уплотнения и удаления их с поверхности катализаторов. Установлено, что состав продуктов реакции определяется фазовым состоянием реакционной смеси, временем реакции и уровнем конверсии олефинов С. В газовой и жидкой фазе конверсия олефинов  $C_4$  составляет всего 20–25%, при переходе к сверхкритическим условиям конверсия увеличивается до 45-50%. Селективность образования углеводородов С, при проведении алкилирования в сверхкритических условиях составляет 30-40%. Наряду с алкилированием протекают параллельные процессы олигомеризации и крекинга, приводящие к образованию углеводородов  $C_5 - C_7$  и  $C_{9+}$ . При увеличении времени реакции от 180 до 240 мин преобладает реакция олигомеризации с образованием продуктов С, (селективность 85%), из которых 90% приходится на олефины.

Алкилирование изобутана пропан-пропиленовой фракцией (ППФ) с содержанием пропилена 84% при соотношении изобутан:ППФ=7:1 проведено на поликатионной форме цеолита типа X с силикатным модулем 2,8, промотированном редкоземельными элементами, при температуре от 60 до 110°С и давлении 1,5 МПа [15]. При этом происходят реакции алкилирования, олигомеризации, диспропорционирования и переалкилирования. С помощью газожидкостной хроматографии определен состав алкилатов, состоящий из изомеров гептана, октана, гексана и пентана. После 55 ч работы активность катализатора снижается и после 62 ч работы содержание кокса на катализаторе составляет 1,4%.

Исследование реакций алкилирования и олигомеризации смеси углеводородов  $\mathrm{C_4}$  в сверхкритических и традиционных условиях проведено при температурах 110-180 °C и давлениях 2,0-12,0 МПа на ультрастабильных цеолитах типа У в Н-форме (НУ) и сульфатированном оксиде циркония [16]. Доля изомеров октана в полученных продуктах достигает 100% в начале реакции при использовании

цеолита У и снижается при дезактивации катализатора после 2 ч работы. На основании данных термогравиметрического анализа выявлено, что основной причиной дезактивации катализатора является образование полидиеновых соединений и последующая их циклизация с формированием циклопентадиеновых и ароматических структур на поверхности цеолита.

Модифицированные цеолиты типа фожазита (тип FAU) характеризуются высокой селективностью по изомерным продуктам, однако быстро теряют активность в ходе алкилирования [17].

По сравнению с широкопористыми цеолитами (тип У) алкилирование на пентасилах (ZSM) проводят при более высоких температурах порядка 200°С [18]. Это приводит к преобладанию реакций полимеризации и снижает селективность процесса. Образование разветвленных алканов в узких порах цеолитов ограничено, что приводит к получению алкилата с низким октановым числом.

Процесс алкилирования изо-бутана бутенами AlkyClean компаний ABB Lummus Global, Albemarle Catalysts и Neste Oil протекает в жидкофазном режиме при температуре 50-90 °C на цеолитном катализаторе Albemarle Catalyste [19–22]. Реакторный блок установки состоит из трех реакторов, два из которых предназначены для алкилирования и мягкой регенерации, третий - для жесткой регенерации. Выход жидких продуктов реакции при повышении давления от 5 до 15 атм увеличивается более чем в 3 раза - с 60 до 195 % масс. При этом содержание не предельных снизилось до нуля. С ростом температуры до 100 °C конверсия бутенов достигает 100%, а выход алкилата составляет 195-200 % масс. от олефинов при 80-90 °C. Исследованы цеолиты на основе фожазита: МСМ-22, MCM-36, MCM-49, ZSM-20, маззит. Наибольшую активность проявили МСМ-22, МСМ-36 и МСМ-49. Алкилирование на цеолитах типа пентасилов (ZSM-5 и ZSM-11) с узкими порами приводит к получению алкилата с относительно невысоким октановым числом из-за ограничения образования сильно разветвленных алканов. В качестве катализаторов алкилирования использованы образцы, модифицированные металлами – Ni, Pt, Pd, а также катионами Ca<sup>2+</sup>, Ln<sup>3+</sup>, Се и др. Наибольший выход (70%) алкилата получен на цеолите Na-Ca-Ln-Y при сохранении активности в течение 70 ч. При этом решающее значение в обеспечении селективности принадлежит лантану при алкилировании в оптимальных условиях: температура 90-110 °C, объёмная скорость подачи углеводородного сырья 1,0-1,2 ч<sup>-1</sup>, отношение изобутан:бутены – 12,5:13.



Технология алкилирования ExSact компании Exelus основана на проведении процесса в двух реакторах на новом цеолитном катализаторе, состав которого не раскрывается [19]. Каталитические характеристики катализатора достигаются за счет его работы на макро-, мезо- и наноуровнях. Катализатор не требует тщательной очистки сырья и легко регенерируется в реакторе. Процесс алкилирования проводят при 50–100 °C, скорости подачи олефина – 0,1–1,0 л/ч, отношении изопарафин:олефин – 10:15.

При алкилировании изобутана бутенами или бутан-бутеновой фракцией на модифицированном цеолите У (Na<sub>2</sub>O – 0,1; CaO – 0,98; Re<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -11,8; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+SiO<sub>2</sub> - до 100% масс. при SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 22) получено максимальное количество изомеров триметилпентана [20, 21]. Для проявления кислотных свойств авторы провели модифицирование цеолита У, основанное на последовательных операциях декатионирования, деалюминирования и ионного обмена (катионы Na<sup>+</sup> на катионы NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, далее на катионы Са<sup>2+</sup> и редкоземельных металлов. Эти свойства способствуют образованию третбутилкарбкатиона и в дальнейшем при взаимодействии его с бутенами - к изомерам триметилпентана. Алкилирование изобутана бутенами или ББФ проведено при 40-70 и 100-120 °C, давлении 1,3-2,0 МПа, объёмной скорости 1-2 ч<sup>-1</sup>. При этом конверсия бутенов составила 87-100%, выход алкилата на олефин 1,76-2,03 г/г бутена, селективность по изомерам триметилпентана 50,0-73,8 % масс.

Исследована [20] реакционная способность олефинов С<sub>3</sub>-С<sub>5</sub> в реакции алкилирования изобутана на модифицированных редкоземельными элементами (0,36-13,5% масс) цеолитах типа У с молярным соотношением  $SiO_{2}/Al_{2}O_{3} = 4,6$ . Активность таких катализаторов обусловлена наличием кислотных центров, образующихся при обмене катионов Na<sup>+</sup>, например, на катионы H<sup>+</sup> и ln<sup>+3</sup>. Опыты проводили в автоклаве при температуре 25-100 °C и давлении, равном упругости паров при температуре реакции. По реакционной способности олефины были расположены в ряду: изобутен>бутен>пропилен>этилен. Доля вторичного алкилирования для различных олефинов возрастает в последовательности: пропилен >изобутен> пентен-1. Чем больше содержание вторичных продуктов, тем больше скорость образования циклических углеводородов и быстрее происходит дезактивация катализатора. Оптимальными условиями для лучшей активности катализатора являются температура 60 °C, отношение изобутан/ бутены = 7. Оптимальные условия алкилирования температура 70 °C, молярное отношение реагентов 5:1, время работы цеолита 2ч.

Процесс алкилирования Alkylene компании UOP на новом катализаторе HAL-100 осуществляют при температуре 90°С, скорости подачи олефинов 0,15 ч<sup>-1</sup>, соотношении изобутан:олефин – 10:1 [23]. При этом конверсия олефинов составляет 98–100% масс. В данном процессе обеспечивается кратковременный контакт углеводородов с катализатором, что делает возможным получение высокооктанового продукта с высоким выходом. В качестве олефинов исследовали пропилен, бутилен, амилен.

В институте нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН разработан процесс алкилирования изобутана фракцией олефинов на цеолитном катализаторе в поликатион-декатионированной форме (РЗЭ–Са–Н–У) [24]. Реакцию осуществляют в трехфазном («структурированном») режиме при 40–100 °C, давлении 1,0–1,7 МПа.

Исследования алкилирования изобутана бутенами на цеолитных катализаторах [25] показали, что для получения наилучших результатов по активности, селективности и продолжительности работы катализаторов необходимо поддерживать высокое соотношение изобутана к бутенам (более 500). При этом проведение процесса в проточных реакторах с неподвижным слоем катализатора является наименее эффективным.

В ГрозНИИ разработаны процессы алкилирования изобутана бутиленами в стационарном и движущемся слоях цеолитного катализатора с целью получения высокооктановых компонентов бензинов [26]. В качестве катализатора использован модифицированный промышленный цеолит У (NaУ, соотношение  $SiO_2/Al_2O_3=5,2$ ;  $Na_2O-13,1\%$  масс.). Введение солей Ni методом пропитки или наноразмерного порошка Ni методом механоактивации позволило увеличить селективность по изомерам изооктана на 8–9% масс. межрегенерационный пробег катализатора на 25%. Оптимальные условия алкилирования: температура – 90 °C, давление – 2 МПа, объёмная скорость подачи сырья – 0,15 ч $^{-1}$  (по олефинам), кратность циркуляции катализатора – 1,67.

Процессы ароматизации низкомолекулярных парафинов наблюдаются при переработке газообразных углеводородов на галлийсодержащих цеолитах в высокооктановые компоненты моторных топлив [27]. При переработке пропан-бутановой фракции, выделяемой из углеводородного сырья нефтяных и газовых месторождений, на Nicoдержащих цеолитах с высокой селективностью получен метан, а на Ga- и Zn-содержащих цеолитах – бензол-толуольная фракция [28]. Изучены также превращения алканов  $C_2$ – $C_4$  на цеолитах, содержащих наноразмерный порошок Zr [29–31]. Данный



катализатор проявил наибольшую селективность в преобразовании алканов в ароматические углеводороды так же, как цеолит ZSM-5, модифицированный порошками Zr и Mo.

Авторами [32, 33] исследованы модифицированные цеолиты, в частности Омникат 210 с Zn, Ga и оксидами редкоземельных элементов, в процессах превращения пропан-бутановой фракции (ПБФ). Выход концентрата ароматических углеводородов составил 58% при 98,5% конверсии ПБФ.

Ароматические углеводороды в количестве 50% (бензол, толуол, ксилол) также получены в присутствии цеолитного катализатора Ga-H-Омникат [33–35]. На немодифицированном образце катализатора Омникат (в Na-форме) преобладает крекинг пропана с образованием метана и этилена. При переработке пропан-бутановой фракции на Омникат, содержащем 1% Zn, 3% Ga и 1% редкоземельных элементов, при 550 °C получены ароматические углеводороды ( $C_7$ – $C_{12}$ ) с высоким выходом.

Введение модификаторов в пентасилсодержащие катализаторы повышает эффективность их действия в отношении дегидрирующей и ароматизирующей активности [36, 37]. Модифицированные катализаторы получали пропиткой декатионированного высококремнеземного цеолита типа ЦВВ (SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=44) кислотами и растворами солей металлов, содержащих Zn, Pt, P, F, B). В качестве сырья использовали пропанбутановую (ПБФ: СН<sub>4</sub>-0,05, С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>-1,59, С<sub>3</sub>Н<sub>9</sub>-59,8 и  $C_4H_{10}$ –39,21% масс) и бутановую фракции ( $C_5H_6$ –0,20,  $C_3H_8$ -30,48 и  $C_4H_{10}$ -69,32% масс). Определено, что с повышением температуры процесса от 500 до 600 °C при ароматизации ПБФ выход жидких продуктов С<sub>5,4</sub> увеличивается. Введение в цеолит Zn способствует увеличению выхода углеводородов  $C_{5+}$  и ароматических углеводородов С... С повышением содержания Zn от 3% и выше выход ароматических углеводородов уменьшается. В составе образующегося при этом газа увеличивается содержание водорода, пропана и пропилена и уменьшается содержание метана, углеводородов С<sub>2+</sub>и С<sub>4+</sub>. В присутствии Рt-содержащего цеолита с повышением температуры от 550 до 600°C увеличивается выход углеводородов  $C_{5+}$ , из них повышается доля алифатических. Введение в цеолит фосфора способствует увеличению алифатических углеводородов. Еще большее содержание алифатических углеводородов образуется в присутствии борсодержащего цеолита. На основании полученных результатов авторами сделан вывод, что Pt способствует увеличению дегидрирующей активности катализатора, Zn - повышению ароматизирующей способности, Р – уменьшению коксообразования, а В – усилению дегидрирующих функций. При применении бутановой фракции, т.е. с увеличением в сырье содержания более высокомолекулярных углеводородов повышаются скорости реакций крекинга и дегидрирования. При этом возрастает содержание ароматических углеводородов  $C_{7+}$  и снижается бензол. Введением в цеолит одновременно различных модификаторов можно добиться протекания определенных реакций.

Процессы газофазного и жидкофазного алкилирования бензола этиленом на цеолитсодержащих катализаторах внедрены в промышленности компаниями Mobil-Badger (ZSM-5), UOP и Lummus (широкопористый цеолит типа У), Chevron, Polimeri Europe и Mobil (цеолиты в и МСМ-22) [38]. Большинство цеолитсодержащих катализаторов быстро дезактивируются, что связано с образованием высокомолекулярных углеводородов, блокирующих пористую структуру и поверхностные активные центры. Поэтому наилучшими свойствами в процессе алкилирования бензола этиленом обладают крупнопористые цеолиты типа У, ь или морденит, особенно цеолит ь, находящийся в H<sup>+</sup>-форме [39,40]. Катализатор Нb показал высокую эффективность в реакции алкилирования бензола этиленом с селективностью по этилбензолу 80% [40].

Цеолиты типа ЦВМ, У, морденит, активированный бентонит эффективны также в процессе алкилирования бензола высшими а-олефинами для получения углеводородного сырья для синтетических моющих средств [41].

Автором [42] проведены исследования свойств Fe и Al-содержащих цеолитов типа b при алкилировании бензола пропиленом. Наличие кислотных центров, образованных каркасными атомами Fe и Al, обуславливает высокую активность и стабильность модифицированных цеолитов.

В процессах олигомеризации и изимеризации олефинов применяются монофункциональные цеолиты MCM-22, MCM-49, ZSM-5, ферьерит [43].

В зависимости от параметров процесса олигомеризации гексена-1 и типа цеолита (ZSM-5, У, b, морденит, SAPO-5) получены жидкие продукты, отличающиеся фракционным и углеводородным составами, молекулярной массой [44]. На ZSM-5 и SAPO-5 получены продукты более узкого фракционного состава (н.к.- 61-62°С и к.к. – 296-298°С). На цеолите b получен продукт самого широкого фракционного состава с н.к. 46 и к.к.>380°С. Определено, что с повышением температуры процесса от 200 до 360°С увеличивается содержание парафиновых и ароматических углеводородов, особенно на ZSM-5. Наряду с олигомеризацией протекают реакции перераспределения водорода.

Изучена активность и селективность микро- и мезопористых цеолитных катализаторов в реакциях олигомеризации олефинов, алкилирования



фенола дициклопентадиеном и т.д. [45]. Авторами показано, что активность катализаторов увеличивается с повышением их кислотности и мезопористости.

Авторами проведены исследования дегидроциклоолигомеризации низкомолекулярных парафиновых углеводородов С<sub>2</sub>-С<sub>6</sub> на декатионированном цеолите HZSM-5, модифицированном Zn,Cr, Ga,W, Си и редкоземельными элементами [46, 47]. Установлено, что с ростом молекулярного веса углеводородов от С<sub>3</sub> до С<sub>4</sub> выход ароматических углеводородов и алканов С1+С2 проходит через максимум. Обработка попутных и отходящих газов нефтеперерабатывающих заводов, например С, на катализаторе HZSM-5 (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=62) с 0,8% Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> приводит к резкому снижению выхода СН, и С, Н, повышению С,-С, алканов, снижению выхода бензола и повышению ароматических углеводородов С, на порядок. Увеличивается селективность модифицированных цеолитов в сторону образования параксилола На цеолите МСМ-22 происходит активное образование кумола за счет жидкофазного алкилирования бензола пропиленом.

Для процесса изомеризации парафиновых углеводородов разработаны цеолитсодержащие катализаторы на основе деалюминированного морденита с силикатным модулем Si/Al=17 и сульфатированного диоксида циркония с модификаторами Ni, Pd, Pt, Co и др. [48]. Введение в цеолиты модификаторов позволило снизить температуру изомеризации до 175–190 °C и повысить активность катализатора.

На цеолите типа У структуры FAU при крекинге углеводородного сырья происходят определенные превращения углеводородов [49, 50]. Кроме крекинга, изомеризации, дегидрогенизации, трансалкилирования происходит реакция перераспределения водорода между насыщенной и ненасыщенной молекулами углеводородов. Этот процесс происходит за счет адсорбции олефина на протонном центре катализатора и нафтена на соседнем центре, где происходит отделение гидрида от нафтена и переход его к олефину. В результате данного процесса получаются ароматические и парафиновые углеводороды. Регулируя плотность кислотных центров цеолита У (отношение Si/Al) за счет введения различного количества редкоземельных металлов (от 3 до 15 % масс.) можно регулировать способность к гидридному переносу. При минимальном количестве редкоземельных металлов наблюдается глубокое деалюминирование цеолита, при котором снижается плотность кислотных центров и способность к гидридному переносу. В случае высокого содержания редкоземельных металлов цеолит предохраняется от деалюминирования, имеет высокую плотность кислотных центров и способность к гидридному переносу.

Химические превращения углеводородов на цеолитных катализаторах происходят с разрывом С–С или С–Н связей [51]. Причем на цеолитах, имеющих кислотные центры протекает преимущественно алкилирование бензольного кольца. Алкилирование метильной группы (у толуола) наблюдается на цеолитах с основными центрами.

Таким образом, в зависимости от применяемого цеолитного катализатора могут происходить в большей или меньшей степени реакции алкилирования, полимеризации, изомеризации, крекинга. Считается, что бренстедовские (протонные) кислотные центры в цеолитах являются активными в реакции олигомеризации, тогда как апротонные центры вызывают побочные реакции ароматизации и коксоотложения. Установлено, что олигомеризующая активность водородных форм цеолитов увеличивается с содержанием алюминия или концентрации протонных центров. Большое значение при разработке цеолитных катализаторов имеют отношение кремния и алюминия в решетке цеолита, степень декатионирования или свойства введенных катионов, а также молекулярно-ситовой эффект, присущий цеолитам. В достаточной степени изучены процессы алкилирования, олигомеризации, изомеризации, ароматизации индивидуальных углеводородов, а также превращения на цеолитах углеводородов бензиновых фракций с целью улучшения октановых характеристик. Недостаточно изучены превращения углеводородов масляных фракций на цеолитах в направлении улучшения их вязкостно-температурных свойств.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- **1. Мамедалиев Ю.Г.** Реакция алкилирования в производстве авиационных топлив. Б.: Азнефтеиздат, 1945, 163 с.
- **2.** Масмалиева Т.А., Керимли В.З., Ахмедова Н.Ф., Мамедов С.Э. Превращения прямогонной бензиновой фракции на модифицированных цеолитах /Abstracts 1<sup>st</sup> İnternational chemistry and chemical engineering conference, dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of the National leaded of Azerbaijan Heydar Aliyev, 2013, 17-21 april, Azerbaijan, Baku. P. 143–144
- **3.** Масмалиева Т.А., Дадашева С.С., Керимли Н.И., Ахмедова Н.Ф., Мамедов С.Э. Применение модифицированных пентасилов для пере-



работки низкокачественных прямогонных бензиновых фракций в олефиновые и ароматические углеводороды /Abstracts 1<sup>st</sup> İnternational chemistry and chemical engineering conference, dedicated to the 90<sup>th</sup> Anniversary of the National leaded of Azerbaijan Heydar Aliyev, 2013, 17-21 april, Azerbaijan, Baku. P. 144–145.

- **4. Халафова И.А., Гусейнова Г.А., Поладов Ф.М., Юнусов С.Г.** Исследование процесса гидрооблагораживания бензиновой фракции коксования //Химия и технология топлив и масел, 2012, №4. С. 24–26
- **5.** Самедова Ф.И. Развитие исследований академика Ю.Г. Мамедалиева в области алкилирования //Доклады национальной академии наук Азербайджана, 2009. Т. LXV CILD. № 4. С. 109–118
- **6.** Самедова Ф.И., Алиев Б.М., Гасанова Р.З., Ханларова С.Б., Кадымалиева Н.З. Превращение углеводородов масляных фракций при каталитическом модифицировании α-олефинами //Химия и технология топлив и масел, 2007, №2. С. 32–34.
- **7. Самедова Ф.И., Гасанова Р.З.** В кн.: Нетрадиционные способы получения нефтяных масел. Баку: Элм, 1999, 100 с.
- 8. Самедова Ф.И., Гусейнова Г.А., Кулиев А.И., Рашидова С.Ю. Алкилирование нефтяных масляных фракций олефинами на цеолитсодержащих катализаторах /Материали за Х Международна научна практична конференция, «Бъдещите изследвания», 17–25 февруари, 2014. Т. 42. София, «БялГРАД-БГ» ООД. С. 56–58.
- **9.** Гусейнова Г.А., Самедова Ф.И., Алиева Н.М., Гулиев А.И., Рашидова С.Ю., Гаджиева И.А. Цеолитсодержащие катализаторы в процессах алкилирования/Materials of the X International scientific and practical conference «Modern European science», 2014, Volume 13, Ecology. Geografy and geology. Chemistry and chemical technology. Sheffield. UK. Science and education LTD. P. 97–100.
- **10.** Самедова Ф.И., Гусейнова Г.А., Гулиев А.И., Рашидова С.Ю., Гаджиева И.А. Алкилирование фракции турбинного масла деценом-1 на цеолитсодержащих катализаторах /Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2014. Т. 15. №3 (59). С. 258–262.
- **11. Цветков О.Н.** Перспективы российского масляного производства //Мир нефтепродуктов, 2011, № 4. С. 3.
- **12. Кубасов А.А.** Цеолиты в катализе: сегодня и завтра //Соровский образовательный журнал, 2000. Т. 6. № 6. С. 44–51
- **13. Мустафаева Р.** Цеолитсодержащие катализаторы в процессах алкилирования. Баку: LAP Lambert Academic Publishing. 2012, 180 с.

- **14.** Алкилирование изобутана олефинами  $C_4$  в традиционных и сверхкритических условиях. Коклин А.Е., Чан В.М.Х., Казанский В.Б., Богдан В.И. //Кинетика и катализ, 2010. Т. 51. № 3. С. 429–434.
- **15. Моторный В.Г., Васильева А.Н.** Алкилирование изобутана пропиленом на цеолитсодержащем катализаторе //Химия и технология топлив и масел, 1998, № 3. С. 35–37.
- **16. Чан Во Минь Хюи.** Алкилирование и олигомеризация  $C_4$ -углеводородов на твердокислотных катализаторах в сверхкритических условиях. Автореф. дис. ... к.т.н., 2011.
- **17. Патент** США 5986158. Izoparafin-olefin alkylation process / Huang T.I.
- **18. Патент** США 4384161. Heterogeneous izoparafin-olefin alkylation / Huang T.I.
- **19.** Патент РФ 2440190, 2012. Способ получения катализатора алкилирования парафиновых углеводородов олефинами. Шириязданов Р.Р., Давлетшин А.Р., Николаев Е.А.
- **20. Шириязданов Р.Р.** Суперкислотные цеолитные каталитические системы для алкилирования изобутана олефинами //Ползуновский вестник, 2010. № 3. С. 12–14.
- **21.** Шириязданов Р.Р. Исследование закономерностей получения и применения цеолитсодержащих катализаторов алкилирования изобутана олефинами. Дис. ... к.т.н., 2011, 145 с.
- **22.** Шириязданов Р.Р., Смирнов В.К., Давлетшин А.Р., Теляшев Э.Р., Теляшев Р.Г. Основные тенденции и перспективы развития процесса алкилирования на твердых кислотах //Мир нефтепродуктов, 2011, № 8. С. 13–23.
- **23. Патент** США 5986158. Process for alkylating hydrocarbons /Van Broekhovtn E.H.
- **24. Мукхержи М., Нельсон** Дж. Разработка катализатора алкилирования //Нефтегазовые технологии, 2006, №12. С. 91–96.
- **25.** Лавренов А.В., Перелевский Е.В., Финевич В.П., Зайковский, Паукштис Е.А., Дуплякин В.К., Бальжинимаев Б.С. Алкилирование изобутана бутенами на цирконий сульфатных катализаторах //Журнал прикладной химии, 2003. Т. 76, № 4. С. 570–578.
- **26. Герзелиев И.М., Цодинов М.В., Хаджиев С.Н.** Новые пути получения изопарафинов высокооктановых компонентов автобензинов // Нефтехимия, 2009. Т. 49. № 1. С. 3–8.
- **27.** Восмерикова Л.Н., Коробицына Л.Л., Барбашин Я.Е., Восмериков А.В. Каталитическая переработка газообразных углеводородов в высокооктановые компоненты моторных топлив /Мат.V



- Междунар. конф. «Химия нефти и газа», Томск, 2003. С. 430–433.
- **28.** Восмерикова Л.Н., Восмериков А.В., Иванов Г.В., Медведев Ю.В., Полыгалов Ю.И. Перспективные способы переработки газообразных углеводородов /Мат. конф. «Проблемы химии нефти и газа», Томск, 2007. С. 194–196.
- **29.** Восмерикова Л.Н., Великина Л.М., Коробицына Л.М. и др. //Журнал прикладной химии, 2000. Т. 73. № 9. с. 1477.
- **30.** Восмерикова Л.Н., Седой В.С., Восмериков А.В. Ароматизация низших алканов в присутствии наночастиц циркония, нанесенных на цеолитную матрицу //Нефтепереработка и нефтехимия, 2007, № 4. С. 20–23.
- **31.** Восмерикова Л.Н., Восмериков А.В., Барбашин Я.Е.//Кинетика и катализ, 2009. Т. 49, № 1, с. 50.
- 32. Салимова Н.А., Мустафаева Г.Р. Дезактивация и регенерация модифицированного цеолитсодержащего катализатора в процессе превращения пропан-бутановой фракции /Материалы научной конференции, посвященной 105-летию акад. М.Ф. Нагиева. Ч. II. Баку, 2013. С. 164–165.
- **33.** Мустафаева Г.Р., Салимова Н.А., Расулов С.Р. Технология переработки газов каталитического крекинга //Нефтепереработка и нефтехимия, 2012, № 5, с. 38.
- **34.** Расулов С.Р., Мустафаева Г.Р., Махмудова Л.А. Перспективные катализаторы ароматизации пропана //Нефтепереработка и нефтехимия, 2012, №1. С. 36–41.
- **35. Расулов С.Р., Салимова Н.А., Мустафаева Г.Р., Махмудова Л.А.** Каталитические свойства элементалюмосиликатов в превращении пропанпропиленовой фракции //Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2012, №1.
- **36. Ахметов А.Ф., Каратун О.Н.** Модифицированные пентасилсодержащие катализаторы для ароматизации углеводородных газов //Химия и технология топлив и масел, 2001, № 5. С. 33–36.
- **37.** Каратун О.Н., Ахметов А.Ф., Бердников В.М. и др. Олигомеризация и ароматизация низкомолекулярных парафиновых и олефиновых углеводородов  $C_2$ – $C_5$  на пентасилсодержащих катализаторах. М.: ОАО ЦНИИТЭНефтехим, 1999, 103 с.
- **38.** Carlo Perego, Patrizia Ingallina. Combining alkylation and transalkylation for alkylaromatic production //Green Chemistry, 2004, Issue 6. P. 274–279.
- **39. Mihal Horňaček, Pavol Hudec, Agata Smieškova, Tibor Jakubïk.** Alkylation of benzene with 1-alkenes over Zeolite Y and Mordenite //Acta Chimica Slovaka, 2009, v. 2, Issue1. P. 31–45.

- **40.** Павлов М.Л., Басимова Р.А., Алябьев А.С., Рахмангулов Ю.Г. Алкилирование бензола этиленом на отечественном цеолитсодержащем катализаторе //Нефтегазовое дело, 2012, № 2. С. 470–478.
- **41.** Боруцкий П.Н., Козлова Е.Н., Подклетнова Н.М., Гильчёнок Н.Д., Соколов Б.Г., Зуев В.А., Шатовкин Л.А. Алкилирование бензола высшими олефинами на гетерогенных катализаторах //Нефтехимия, 2007. Т. 47, № 4. С. 276–288.
- **42. Смирнов А.В.** Каталитическое алкилирование бензола пропиленом на цеолитах «Веta», Автореф. ... к.т.н., 1997.
- **43. Koottungal L., Nakamura D**. OGJ Newsletter Oil & Gas J., 2007, v.105, Issue 38. P. 52–67.
- **44.** Пословина Л.П., Степанов В.Г., Ионе К.Г. Получение дистиллятных фракций процессом олигомеризации олефинов на цеолитных катализаторах /Мат. V Междунар. конф. «Химия нефти и газа», Томск, 2003. С. 384–387.
- **45. Григорьева Н.Г., Бубеннов С.В., Маяк А.А., Кутенов Б.И.** Микро- и мезопористые цеолитные катализаторы в синтезе нефтехимических продуктов / Тез. докл. IV российской конф. «Актуальные проблемы нефтехимии», М., 2012, с. 47.
- **46.** Агаева С.Б., Дадашев Б.А., Тагиев Д.Б., Абасов С.И. Регулирование распределения продуктов каталитической ароматизации  $C_2$ + углеводородов // Нефтехимия, 2007. Т. 47, № 3. С. 181–185.
- **47. Агаева С.Б., Дадашев Б.А., Тагиев Д.Б., Абасов С.И.** Особенности образования и перераспределения С–С связей при превращениях углеводородов на модифицированных цеолитах //Нефтехимия, 2008, № 3. С. 163–173.
- **48.** Тагиев Т.Б., Азизов А.Г., Стариков Р.В. Современное состояние применения цеолитов в нефтяной и нефтехимической промышленности // Процессы нефтехимии и нефтепереработки, 2012, том 13, № 2 (51). С. 283–309.
- **49.** Тагиев Т.Б., Стариков Р.В., Иманова А.А., Рустамов М.И. Изомеризация н-бутана на промотированном цирконием деалюминированном мордените //Журнал прикладной химии, 2007. Т. 80. № 2. С. 269–273.
- **50.** Тагиев Т.Б., Стариков Р.В., Иманова А.А., Рустамов М.И. Конверсия н-бутана в изопарафины на модифицированных морденит-циркониевых катализаторах // Нефтехимия, 2008. Т. 48, № 1. С. 29–32.
- **51.** Шириязданов Р.Р., Смирнов В.К., Давлетшин А.Р., Теляшев Э.Р., Теляшев Р.Г. Основные тенденции и перспективы развития процесса алкилирования на твердых кислотах //Мир нефтепродуктов, 2011, № 8. С. 13–23.



# НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО ТРАДИЦИОННЫМ БИОГАЗОВЫМ УСТАНОВКАМ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ МОДЕРНИЗАЦИИ

Осадчий Г.Б., инженер

В условиях постоянного повышения цен на ископаемые энергоносители, а также истощение запасов нефти и газа все большее количество стран развивают альтернативные источники энергии.

Одним из таких видов является биогаз. Глубокие исследования в этой области, несмотря на известные трудности, проводятся в Республике Казахстан. В значительно меньшей степени это относится к России, хотя полномасштабное развитие биогазовой отрасли РФ позволило бы решить ряд важных экономических задач. В частности, привело бы к снижению задолженности потребителей за газ, которая у нас на 1 апреля 2014 г. составила 141,6 млрд руб. [1].

**Ключевые слова:** биогазовая установка, безотходность и интенсификация производства, устойчивое развитие общества, возобновляемые источники энергии (ВИЭ).

# SCIENTIFIC RESULTS AND PRACTICAL DATA ON TRADITIONAL BIOGAS PLANTS AND THEIR MODERNIZATION

Osadchy G.B., engineer

In the context of ever increasing prices for fossil energy carriers, as well as the depletion of oil and gas reserves and an increasing number of countries are developing alternative energy sources.

One such species is biogas. In-depth research in this area, despite the known difficulties, held in the Republic of Kazakhstan. To a much lesser extent this applies to Russia, although the full development of the biogas industry of the Russian Federation would allow to solve a number of important economic tasks. In particular, would reduce consumer debt for gas, which we have on 1 April 2014 was 141,6 billion [1].

**Keywords:** biogas plant, waste reduction and production intensification, sustainable development, renewable energy sources (RES).

Следует отметить, что основным недостатком биогазовой энергетики является значительный вес удельных капитальных затрат (в расчете на единицу мощности), невысокая рентабельность проектов, а также проблемы с организацией сбыта энергии посредством централизованных сетей.

Несмотря на это, в России наблюдается увеличение спроса на биогазовые установки (БГУ), как для малых потребителей (с объем метантенка  $3-20~\text{m}^3$ ), так и для средних (с объемом метантенка  $30-100~\text{m}^3$ ).

Все дело в том, что биогазовые технологии должным образом вписываются в Доктрину ОНН устойчивого развития общества. И многие в России привержены этой идеи. Они, руководствуясь принципом «Рассудок — это неуклюжее орудие ученого; интуиция — безошибочный руководитель провидца», пытаются, каждый по-своему, решать эту проблему.

Современные технологии (производства), по возможности, должны быть связаны между со-

бой таким образом, что конечный цикл одного из них становится началом другого цикла, благодаря чему достигается практически полная безотходность и интенсификация производства на достаточном удалении от границ динамической устойчивости экосистем.

По мнению экспертов ООН, именно такой комплексный подход, когда осуществляется схема подбора предприятий и производств, работающих на одном виде сырья, а отходы и побочные продукты одного производства выступают в качестве сырья или полуфабрикатов для другого, может полностью решить проблему устойчивого развития общества.

Известно, что животные не полностью усваивают энергию растительных кормов и более половины её уходит в навоз, который является, после того или иного вида переработки, ценным органическим удобрением.

Содержание животных на фермах и комплексах привело к увеличению концентрации объемов



навоза и навозных стоков в хозяйствах. А это дает возможность организовать их переработку не только в удобрения, но и в биогаз, не загрязняя окружающую среду. При этом биогаз по сути своей становится *рукотворным* возобновляемым источником энергии (ВИЭ).

Комплексный подход в производственной деятельности, когда «*отходы*», в том числе органические, тепловые, водные, газовоздушные перерабатываются в технологической цепочке производства, минимально отражается на качестве окружающей среды, на продуктивности зональных экосистем. Комплексный подход – это не что-то новое. В целом «эволюционные» и «революционные» изменения, в том числе в сфере энергетики, взаимообусловлены, дополняют и нередко сменяют друг друга. Не исключаются и случаи возврата к «старым» техническим решениям на качественно новой технологической базе.

Обычно под биогазовой установкой (станцией) подразумевается комплекс инженерных сооружений, состоящий из устройств:

- подготовки сырья;
- производства биогаза и удобрений;
- очистки и хранения биогаза;
- производства электроэнергии и тепла;
- автоматизированной системы управления БГУ.

Метантенк БГУ должен быть герметичен, в него не должно быть доступа кислорода, так как только при отсутствии кислорода возможна жизнедеятельность метанообразующих бактерий.

Оптимальная температура метаногенеза зависит от вида перерабатываемого установкой субстрата (органических отходов).

Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на метантенке, должны обеспечивать контроль уровня субстрата в метантенке, температуры и давления внутри него.

Современные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, однако наиболее эффективно использование биогазовых технологий для переработки отходов животноводческих и птицеводческих ферм и сточных вод, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора. При этом навоз и помет должны поступать с ферм и из хозяйств, благополучных по зооантропонозным заболеваниям, общим для животных (птицы) и человека.

Поскольку сырьем для получения биогаза может служить широкий спектр органических отходов, на многих существующих биогазовых установках используется добавка к обрабатываемым отходам,

так называемой зеленой массы. Конечно, измельчение зеленой массы приводит к дополнительным затратам энергии.

Активный обмен веществ и высокая скорость биохимических обменных процессов в метантенке достигаются за счет максимального поддерживания и непрерывного обновления величин граничных поверхностей между твердой и жидкой фазами. Поэтому твердые материалы, в особенности растительного происхождения, должны быть предварительно подготовлены с помощью режущих, разрывающих или плющильных устройств, чтобы в результате эффективного механического воздействия получить частицы возможно меньшего размера. Доля взвешенных в жидкости твердых частиц в значительной мере зависит от технических средств, которые используются для получения тщательного перемешивания, гидравлического транспортирования субстрата и отделения биогаза. Современный уровень развития БГУ позволяет перерабатывать субстраты с содержанием сухого вещества до 12 %, если размер волокнистых или стеблевых элементов не превышает 30 мм.

В метантенке необходимо организовать периодическое перемешивание субстрата, которое обеспечивает эффективную и стабильную работу БГУ.

Цель перемешивания - высвобождение образованного биогаза, перемешивание свежего субстрата и бактерий (прививка), предотвращение образования корки и осадка, недопущение образования участков разной температуры внутри метантенка, обеспечение равномерного распределения популяции бактерий, предотвращение формирования пустот и скоплений, уменьшающих эффективную площадь метантенка. При выборе метода перемешивания нужно учитывать, что процесс сбраживания представляет собой процесс жизнедеятельности симбиоза различных штаммов бактерий и при разрушении этого сообщества процесс ферментации будет непродуктивным до образования нового сообщества бактерий. Поэтому слишком частое или продолжительное перемешивание вредно. Рекомендуется медленное перемешивание субстрата через каждые 4 -6 ч.

Оптимальное перемешивание сырья повышает выход биогаза до 50%.

БГУ обеспечивают утилизацию (переработку) органических отходов 3-го и 4-го класса опасности согласно Постановлению от 12 июля 2003 г. №344, в следующих режимах:

- в психрофильном режиме оптимальная температура в метантенке 15 - 20  $^{\circ}$ C, но может быть и ниже. В таком режиме отходы перерабатываются



30 – 40 дней. Психрофильный режим обычно используется в летнее время года в случае, когда тепло и количество субстрата (отходов) значительно меньше обычного, например, из-за выпаса скота;

- в мезофильном режиме при температуре 30  $40~^{\circ}$ С органические отходы перерабатываются 7 15 дней, в зависимости от вида отходов;
- в термофильном режиме при температуре 52 56 °C органические отходы перерабатываются за 5 10 дней, при этом качество газа и удобрений, по ряду показателей, обычно ниже, чем в мезофильном режиме. Кроме того, в термофильном режиме традиционно потребляется больше энергии для обогрева. Такой режим подходит большего всего тем, у кого основная задача переработать большое количество отходов. При оптимизации работы установки и состава отходов, можно ускорить переработку даже до 3 4 дней. Выгода от работы в термофильном режиме в том, что резко снижается стоимость 1 кВт установленной мощности БГУ.

Требования к допустимым пределам колебания температуры субстрата для оптимального газообразования тем жестче, чем выше температура процесса ферментации: при психрофильном температурном режиме –  $\pm$  2 °C в час; мезофильном –  $\pm$  1 °C в час; термофильный –  $\pm$  0,5 °C в час.

Поскольку, например, в московском регионе среднегодовая температура исходного субстрата, составляет около 10 °С, а температура окружающей среды, около 4 °С, то необходимость в системе подогрева субстрата и поддержания его температуры в процессе ферментации очевидна. По данным А.А. Ковалева [2] до 60% полученного биогаза тратится на собственные нужды БГУ. При этом, наиболее энергоемким является процесс нагрева субстрата, суточной дозы загрузки метантенка, на который идет около 95% энергии, расходуемой на собственные нужды установки.

Наиболее распространенной системой подогрева является внешняя система подогрева с водонагревательным котлом (котельной установкой), работающим на биогазе, электричестве или твердом топливе, где теплоносителем является вода с температурой около 60 °C. Более высокая температура теплоносителя повышает риск налипания взвешенных частиц на поверхности теплообменника — теплообменники рекомендуется располагать в зоне действия перемешивающего устройства.

БГУ должна быть автоматизирована. Объем автоматически выполняемых операций биогазовых установок различного назначения может быть различен. В обязательный объем автоматизации входят:

- для биогазовых установок небольшой мощно-

при срабатывании датчика загазованности (газоанализатора) помещения автоматически включаются системы оповещения персонала (сигнальные лампы, электрические звонки и др.) и происходит аварийное отключение систем БГУ, в частности срабатывает предохранительный клапан, перекрывающий подачу газа;

при срабатывании любого теплового реле в цепях питания насосов циркуляционного, водяного или загрузочного включаются системы аварийного оповещения персонала.

По данным И. Егорова, директора биогазовых проектов АЕпегду, составляющие положительного денежного потока биогазовых проектов могут быть следующими (табл. 1), при гарантированной надежности и долговечности надежной работы БГУ, за счет использования метантенка из эмалированной стали, в течение 40 лет.

Таблица 1 Составляющие положительного денежного потока биогазовых проектов

Составляющая	Доля в структуре выручки			
Продажа электроэнергии	60–75%			
Продажа тепловой энергии	10–20%			
Снижение платы за технологическое присоединение (для новых и расширяющихся предприятий)	0–50%			
Продажа мощности	0-30%			
Продажа удобрений	10–30%			
Снижение экологических платежей	0–20%			
Продажа углеродных квот	0–10%*			
* Полительной 1000 из билень абагания полительной 10 -				

<sup>\*</sup> Производство 1000 м $^3$  биогаза обеспечивает замещение 10 т выбросов  ${\rm CO}_2$ . Средняя рыночная цена 1 т  ${\rm CO}_2$  сегодня составляет 10 Евро.

Мы рассмотрим традиционную БГУ и БГУ метантенк, которой размещен на дне солнечного соляного пруда (ССП) [3].

Сравнительному анализу видов затрат, связанных с сооружением БГУ, будет подвергнуты метантенки этих БГУ и сооружения и оборудование (устройства), непосредственно с ними связанные.

В качестве исходных данных для анализа принимаем следующее.

В состав биогаза входит, примерно, 55 – 60% биометана и 40 – 45% углекислого газа. На этом газу могут работать бытовые газовые приборы, включая газовые водонагреватели, обогреватели воздуха и газогенераторы.

Биометан – продукт, получаемый путем очищение биогаза от  ${\rm CO_2}$ , используемый как биотопливо (ГОСТ Р 52808–2007).



Биогаз легче воздуха (1,05 – 1,2 кг/м3), поэтому стремится вверх.

Роспотребнадзор регламентирует, к какому классу принадлежат те или иные виды отходов, образованные вследствие выращивания животных и производства продукции животноводства и птицеводства. Все отходы производства и потребления делят на 4 класса опасности: 1 – чрезвычайно опасные, 2 – высоко опасные, 3 – умеренно опасные и 4 – малоопасные.

Органы ФНС, осуществляя плановые проверки объектов хозяйственной и иной деятельности независимо от форм собственности с целью государственного экологического контроля, принимают решения по отчислениям, по уплате экологического налога. Несмотря на то, что экологический налог нельзя считать обременительным, и он существенно не влияет на конкурентоспособность отечественной животноводческой продукции, для отдельных категорий товаропроизводителей (животноводческих комплексов и птицекомбинатов) экологический налог является одним из основных видом обязательных платежей государству.

Удобрения (эффлюент), получаемые при термофильном режиме ферментации, экологически чистые, лишенные нитритов, семян сорняков, болезнетворной микрофлоры, специфических запахов. Для остальных режимов перечисленные характеристики удобрений значительно ниже.

Оборудование по подготовке и предварительной обработке сырья для: перемешивания субстрата; измельчения; сепарации примесей на входе в реактор; загрузки (подача и дозирование) сбраживающей суспензии у сравниваемых метантенков условно принимаем одинаковым.

В комплект этого оборудования для традиционной БГУ может входить агрегат для размораживания сырья (навоза).

В помещении, где размещен традиционный метантенк, по ГОСТ Р 53790-2010 должны находиться:

- комплект противопожарного инвентаря;
- диэлектрические перчатки и ковры у щитов управления электроагрегатами;
  - газоанализаторы или газосигнализаторы;
  - средства индивидуальной защиты;
  - взрывобезопасные аккумуляторные фонари;
  - аптечка первой доврачебной помощи.

Не допускается нахождение работников и проведение любых работ в помещении метантенка при неработающей вентиляции.

Электротехническое оборудование и обслуживающее помещение метантенка должны быть

оборудованы резервным электропитанием, чтобы обеспечить постоянную работу вентиляторов с необходимой кратностью воздухообмена.

Контролировать концентрацию газов в воздухе помещения метантенка с помощью газоанализаторов.

В обслуживающем помещении метантенка электрическое освещение, электродвигатели, пусковые и токопитающие устройства и аппаратура должны выполняться во взрывозащищенном исполнении в соответствии с классом взрывоопасной зоны (категории помещения).

Отвод газа от метантенка, устройство и эксплуатация газгольдеров и газовой сети метантенка должны проводиться в соответствии с требованиями Правил безопасности в газовом хозяйстве и Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

Оптимальный способ накопления биогаза зависит от того, для каких целей будет использован биогаз. При прямом сжигании биогаза в горелках котлов и двигателях внутреннего сгорания не требуются большие газгольдеры. В этих случаях газгольдеры должны обеспечивать выравнивание неравномерностей газовыделения и улучшения условий последующего горения, в зависимости от типа газгольдера и выдерживаемого им давления объем газгольдера составляет от 1/5 до 1/3 объема реактора. Пластиковые газгольдеры применяют для сбора биогаза в простых, совмещенных установках, где пластиком покрывают открытую емкость, служащую в качестве реактора, или отдельный пластиковый газгольдер соединяют с реактором. Газгольдер должен вмещать суточный объем, вырабатываемого биогаза. Стальные газгольдеры делят на газгольдеры низкого (0,01-0,05 кгс/см<sup>2</sup>), среднего (8-10 кгс/ см<sup>2</sup>) и высокого (200 кгс/см<sup>2</sup>) давления. Стальные газгольдеры низкого давления оправданы только в случае большого расстояния (минимум 50–100 м) от установки до использующих биогаз приборов. В других случаях следует рассматривать возможность использования более дешевого пластикового газгольдера.

В газгольдеры среднего и высокого давления газ закачивается с помощью компрессора. Газгольдеры высокого давления используют для заправки автомашин и баллонов. Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на газгольдеры, должны включать в себя водяной затвор, предохранительный клапан, манометр и редуктор давления. Стальные газгольдеры должны быть заземлены.

Привлекательно применение биогаза для факельного обогрева теплиц. Кроме поступления



углекислого газа из газгольдера происходит образование углекислого газа при сгорании биометана, производится освещение теплиц и одновременно образуется вода, увлажняющая воздух.

Еще одно направление использования составных компонентов биогаза — утилизация углекислого газа, содержащегося в нем в количестве около 40 %. Извлекая углекислый газ путем отмывки (в отличие

от биометана он растворяется в воде), можно подавать его в теплицы, где он служит «воздушным удобрением», увеличивая продуктивность растений.

В таблице 2 приведен перечень основных видов сооружений, оборудования и контрольно-измерительных приборов, входящий в зависимости типа метантенка в БГУ, затраты (стоимость) на которые должны учитываться при выборе БГУ.

Таблица 2 Перечень основных необходимых для размещения и работы метантенка сооружений, оборудования, контрольно- измерительных приборов и их технические характеристики

ния, контрольно- измерительных приборов и их технические характеристики					
Тип БГУ	Необходимость для эксплуатации метантенка	Примечание			
Метантенк					
Традиционная	Да	*			
с ссп	Да	С обечайкой *			
*Климатическое испол	инение T по ГОСТ 15150-69				
Здание (помещение) д	ля размещения метантенка				
Традиционная	Да	* **			
с ссп	Нет				
лируемыми климатиче других, в том числе хо ферных осадков, ветра ного излучения и конд	скими условиями, например в закрытых отапливаемых рошо вентилируемых подземных помещениях (отсутста, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или сущенсации влаги).	плуатация в помещениях (объемах) с искусственно регу- х или охлаждаемых и вентилируемых производственных и вие воздействия прямого солнечного излучения, атмос- цественное уменьшение воздействия рассеянного солнеч-			
и пожарной опасности НИЙ И ЗДАНИЙ ПО ВЗ щихся) в помещении: I что могут образовыва	1. НОРМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛ РЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ). Характе ¬орючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с тем	еление категорий помещений и зданий по взрывопожарной IУЖБЫ МВД РОССИИ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИЙ ПОМЕЩЕ- еристика веществ и материалов, находящихся (обращаю- ппературой вспышки не более 28°С в таком количестве, пламенении которых развивается расчетное избыточное			

Биогазовая котельная установка				
Традиционная Да Должна быть в отдельном помещении				
с ссп	Нет			
Система подогрева субстр	рата от теплоносителя биогазовой котельной устанс	рвки		
Традиционная Да *				
с ссп	Нет	**		

\* Непрямой подогрев через теплообменник, где подогревающий теплоноситель, обычно горячая вода, подогревает субстрат, не смешиваясь с ним.

\*\* Требуется система подогрева субстрата от теплоты рассола солнечного соляного пруда.

. Гр У				
Система вентиляции с резервным электропитанием				
Традиционная	Да			
С ССП	Нет			
Система механизации и автоматизации				
Традиционная	Да	Вся во взрывозащищенном исполнении		
С ССП	Да	Часть во взрывозащищенном исполнении		
	Система контроля ко	нцентрации газов в воздухе помещения метантенка		
Традиционная	Да			
С ССП	Нет	*		
* Контроль герметичности метантенка осуществляется по отсутствию/наличию пузырьков биогаза, поднимающегося на поверхность				

\* Контроль герметичности метантенка осуществляется по отсутствию/наличию пузырьков биогаза, поднимающегося на поверхность зеркала ССП.

зеркала сст.				
Солнечный соляной пруд				
Традиционная	Нет			
с ссп	Да	* Дополнительные функции, в примечании к таблице		
* Категория размещені	ия 1 (от минус 10 до +40 °C) по ГОСТ 15150–69 (эксг	ілуатация на открытом воздухе (воздействие совокупности		

\* Категория размещения 1 (от минус 10 до +40 °C) по ГОСТ 15150–69 (эксплуатация на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района))



Оборудование для размораживания сырья зимой				
Традиционная	Да			
С ССП	Нет			
	Система пожароту	цения		
Традиционная	Да			
с ссп	Нет	Для БГУ в целом с учетом		
	Навес (помещение) для пуль	та управления		
Традиционная	Нет	В здании, где размещен метантенк		
с ссп	Да			
	ооружений, оборудования, контрольно-измеритель конструктивных особенностей БГУ	ных приборов		
Традиционная	Да			
с ссп	Да			

Примечание: Поскольку солнечный соляной пруд может одновременно являться и противопожарным водоемом, изменение потребности в капитальных вложениях, для биогазовой установки может быть учтено как предотвращенный расход части средств на водоем, благодаря использованию для этих целей пруда. Так, к пожароопасным помещениям: класса П-ІІ относятся малозапыленные помещения мельниц и элеваторов, зернохранилища; класса П-ІІа относятся складские помещения для хранения горючих материалов, коровники, свинарники и другие животноводческие помещения при хранении на чердаках сена и соломы и т.д.

Ущерб от лесных пожаров в 2010 г., с учетом уничтоженных огнем деревень, составил свыше 15 млрд руб.

Объем противопожарного водоема для сельского дома должен быть таким, чтобы при тушении пожара расход воды был не менее 10 л/с в течение 3 ч. Объем воды в водоеме должен быть более 100 м<sup>3</sup>.

Поскольку БГУ должна располагаться, по возможности, ближе к источникам перерабатываемого сырья (местам содержания животных, складирования отходов и т.д.), то тепловую энергию ССП можно будет использовать для горячего водоснабжения ферм, предотвращая использование биогаза для этих целей.

**Примечание:** Например, выгоднее, если емкость для смешивания сырья напрямую соединяется с полом фермы. Транспорт биогаза дешевле, чем транспортировка сырья.

Надежное, круглосуточное горячее водоснабжение будет исключать разрастания колоний возбудителя легионеллеза (Legionella pneumophil). По санитарным нормам СанПиН 2.1.4.2496-09 «Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» температура воды в системе горячего водоснабжения должна быть более 60 °C. В системе холодного водоснабжения менее 20 °C.

Примечание: Легионнелы — это бактерии, которые живут в естественных источниках воды. Даже самая совершенная система водоочистки не способна защитить от их возникновения. Попадая в благоприятные условия водопровода (температура 25 – 45 °C), они начинают размножаться. Заражение человека происходит при вдыхании мелких капель воды, содержащих бактерии, в том числе, например, при принятии душа.

Это позволяет существенно снизить суточную потребность домашнего хозяйства в биогазе для приготовления пищи и подогрева воды. Обычно она составляет  $2-3 \text{ м}^3$  природного газа, в сутки. Это эквивалентно  $3,5-5 \text{ м}^3$  и биогаза.

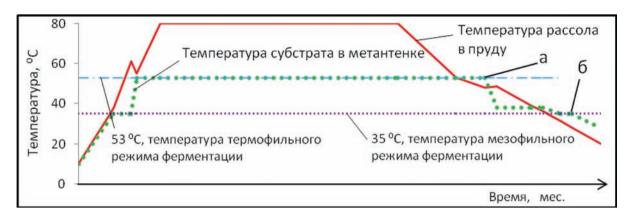
Поскольку подогрев субстрата в метантенке, размещенном на дне ССП осуществляется от теплоты рассола пруда, то режимы ферментации в нем в течение летнего периода различны. Они зависят от температуры, которой обладает рассол (рис. 1).

Весной при переходе с мезофильного на термофильный режим (левая часть рис. 1), для повышения температуры субстрата в метантенке объемом 20 м³ с 35 до 53  $^{\circ}$ С требуется около 420 кВт-ч теплоты. При использовании для этой цели теплоты рассола пруда площадью 78,5 м² (диаметр пруда 10 м) температура рассола понизится примерно на 6  $^{\circ}$ С.

Осенью, когда температура в ССП понижается, для поддержания эффективного температурного режима анаэробной обработки отходов животноводства к ним можно добавлять высокоэнергетические компоненты, увеличивающие выделение экзотермической теплоты при ферментации (сахарный жом, отходы пищевой промышленности с высоким содержанием жиров, силос, клеверозлаковая смесь и т.п.). Положение точек а и б (рис. 1) зависит от экзотермической теплоты ферментации (от деятельности бактерий).

То, что работа в термофильном режиме и использование теплоты рассола ССП, вместо биогаза,





**Рис. 1.** Гипотетическое изменение режимов ферментации в метантенке биогазовой установки на базе солнечного соляного пруда в России в течение летнего периода. a – точка окончания ферментации в термофильном режиме при температуре 53  $^{\circ}$ C,  $\delta$  – точка окончания ферментации в мезофильном режиме при температуре 35  $^{\circ}$ C.

для поддержания температуры ферментации имеет свои неоспоримые преимущества, подтверждается результатами испытаний БГУ в фермерском хозяйстве Республики Казахстан.

Испытания были проведены сотрудниками Казахского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (КазНИИМЭСХ), Барковым В.И., Токмолдаевым А.Б., Аблинановым В.А. и Сарыбаевым Б.А. [4].

Поскольку эти испытания наглядно отражают приведенные выше плюсы и минусы традиционных БГУ, приведем их максимально подробно.

Биореактор испытывался в режиме биообработки жидкого навоза КРС, поступающего на обработку из коровника на 40 голов. Технология содержания животных — смешанная (стойлововыгульная). Результаты испытаний и определения технологических параметров БГУ приведены на рис. 2 и 3.

Анализ данных испытаний метантенка показывает, что время нагрева субстрата до мезофильной температуры составляет – 46 ч., а до термофильной температуры – 68 ч. Суточный расход твердого топлива (кизяка) составляет – 31 кг/сут., КПД топливного котла – 78,5 %. Производительность по навозу составляет 0,5 – 0,7 т/сут., по биогазу – 6,5...11,5 м³/сут. Выход биогаза в мезофильном режиме составляет 6,5 м³/сут., в термофильном режиме – 11,5 м³/сут. (рис. 2 и 3).

При работе гидрозатвора в режиме теплообменника температура теплоносителя в нем колеблется в пределах  $49-65\,^{\circ}\text{C}$ , температура в загрузочной камере —  $34-40\,^{\circ}\text{C}$ , а в разгрузочной камере —  $32-40\,^{\circ}\text{C}$ .



Рис. 2. Зависимости параметров метантенка от времени при нагреве в термофильном режиме



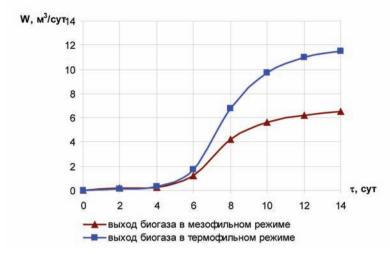


Рис. 3. Выход биогаза в мезофильном и термофильном режимах

Исследования зависимости расхода биогаза при установке в топливном котле факельной и керамической горелок показали, что суточный расход биогаза с факельной газовой горелкой составляет 6,17 м $^3$ /сут (0,257 м $^3$ /час), а с керамической газовой горелкой – 4,8 м $^3$ /сут (0,2 м $^3$ /ч).

Химический анализ проб органического удобрения, отобранных в процессе работы биогазовой установки (проба №1 – исходный навоз с влажностью 90 %, проба №2 – готовое органическое удобрение) показал высокое содержание питательных веществ (таблица 3).

Таблица 3 Содержание питательных веществ в органическом удобрении

Проба	рН	Содержание, г/кг (%)		
	среды	Азот N <sub>общ</sub>	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (К <sub>₂</sub> О)
Nº1	7,0	21,56 (2,156%)	29,6 (2,96%)	48,0 (4,8%)
Nº2	7,2	16,52	23,2	21,6
		(1,652%)	(2,32%)	(2,16%)

В 1 т сухого органического удобрения содержится: 16,52 кг азота (N), 23,2 кг фосфора ( $P_2O_5$ ), 21,6 кг калия ( $K_2O_5$ ).

Анализ патогенной микрофлоры в органическом удобрении и эффективность обеззараживания, наличие яиц гельминтов и семян сорняков приведены в табл. 4.

Общее микробное обсеменение исходного навоза (коли-индекс) –  $10^9$  КОЕ, после анаэробного сбраживания в биогазовой установке общее микробное обсеменение готового органического удобрения снизилось до  $10^7$  КОЕ, таким образом, степень обеззараживания навоза в биогазовой установке составляет 99%. В органическом удобрении отсутствуют яйца гельминтов, а семена сорных растений полностью потеряли всхожесть.

Таблица 4 Анализ патогенной микрофлоры в органическом удобрении и эффективность обеззараживания,

наличие яиц гельминтов и семян сорняков

Про- ба	Бактери- альная	Коли- индекс*,	Коли- титр		вность об ивания, 9	
	обсе-	бакте-		п	наличин	0
	менен- ность, колоний/ см <sup>3</sup>	рий/дм³		бактери- альной обсеме- ненно- сти	яиц гель- мин- тов, шт/дм³	семян сор- няков, шт/см <sup>3</sup>
Nº 1	10°KOE	10 <sup>10</sup> KOE	3x10⁵KOE	-	Нали- чие	Нали- чие
Nº 2	10 <sup>7</sup> KOE	10⁵KOE	3x10³KOE	99	Отсут- ствуют	Потеря всхоже- сти
*K	*Коли-инлекс – количество бактерий группы кишечных палочек					

\*Коли-индекс – количество бактерий группы кишечных палочек в 1 дм $^3$  воды.

По результатам авторами сделаны выводы. В результате испытаний установлено, что биогазовая установка соответствует требованиям ГОСТ 31343–2007.

Производительность установки по биогазу составляет — 6,5 – 11,5 м³/сут., по удобрению — 0,5 – 0,7 т/сут., объем биореактора — 5 м³, температура субстрата в биореакторе соответствует термофильному режиму — 52 – 54  $^{\circ}$ С, расход биогаза на нагрев — 6,2 м³/сут, доза загрузки — 10 %, плотность полученного удобрения — 964,9 кг/м³, массовая доля сухого вещества — 4,7 %, эффективность обеззараживания навоза — 99 %.

По результатам приведенной в Казахстане работы следует, что для БГУ метантенк, которой размещен в ССП, для ускорения начала термофильного режима весной и мезофильного осенью (рис. 1), снижения времени перерыва в выработке биогаза, целесообразно готовить в термостатированной



емкости субстрат с колонией термофильных (мезофильных) бактерий анаэробного вида.

Наиболее типичными видами термофильных бактерий являются Methanobacterium soehngenii и Methanobacillus omelianskii. Термофильные метановые бактерии обычно сопутствуют анаэробным целлюлозным бактериям или культивируются совместно с ними. Температурная граница их развития 45 – 69 °С. Особенность этих бактерий — их высокая скорость роста благодаря ускоренному обмену веществ. Наступление неблагоприятной (низкой) температуры переводит их в стадию покоя, в которой они могут пребывать неопределенное время.

А мезофильные бактерии лучше всего растут (их оптимум для роста) в температурных пределах 20-45 °C. Свободноживущие мезофилы в холодные сезоны года неактивны. Ниже и выше температуры 20-45 °C они находятся в состоянии покоя или смерти в зависимости от видовой принадлежности.

Поскольку в соответствии с табл. 2 метантенки рассматриваемых БГУ различны, то различны и устройства (сооружения), непосредственно с ними связанные. Исходя из этого, необходимые для эксплуатации этих различных БГУ, разрешительных документов должны быть различны как по видам (структуре), так и по стоимости.

В связи с тем что БГУ обоих типов могут работать как в мезофильном, так и в термофильном режимах ферментации, вырабатываемые ими 2 вида удобрений будут одинаковы (табл. 5).

Различие будет в товарных объемах этих видов удобрений и биогаза (биометана), поскольку в традиционной БГУ значительная часть биогаза используется на поддержание температуры термофильного режима, а это не всегда приветствуется в хозяйствах и часто будет вынуждать собственника БГУ переходить на мезофильный режим работы.

Одним из аргументов повышения стоимости эффлюента, полученного при термофильном режиме, является потеря всхожести семян сорняков.

В табл. 6, из ГОСТ 31343–2007, приведены оценки всхожести семян сорняков и примеры по методам оценки.

Многократные анализы навоза, компостов и других удобрений показывают, что всхожесть семян основных видов сорняков составляет от 10 до 30%. Поэтому в отдельных случаях допускается оценка органических удобрений по общему запасу семян. Для этого может быть использована предложенная шкала (табл. 6). При этом полученный результат анализов необходимо разделить на 10.

Таблица 5 Перечень видов продукции (удобрений), вырабатываемой при эксплуатации биогазовых установок, и области их использования

Тип БГУ	Режим фермента- ции	Удобрение	Стои- мость, y.e./кг	Область использования
Тради- цион-	мезофиль- ный	Эффлюент*	1 y.e.	Только в полевых условиях*
ная	термо- фильный	Эффлюент обеззара- женный	1,5 y.e.	В том числе в до- машнем цветовод- стве
с ссп	мезофиль- ный	Эффлюент*	1 y.e.	Только в полевых условиях*
	термо- фильный	Эффлюент обеззара- женный	1,5 y.e.	В том числе в до- машнем цветовод- стве

\* Разложенный в результате ферментации при мезофильном режиме органический материал может содержать вредоносную флору, так как невысокая температура в метантенке не обеспечивает 100%-ной стерильности. В соответствии с п. 2.3 санитарных правил почвы азотом и другими элементами питания должны подвергаться предварительному обезвреживанию (термической сушке, компостированию и др.). Соответствовать требованиям действующих нормативных документов, не содержать патогенной микрофлоры, в том числе сальмонелл, и жизнеспособных яиц гельминтов.

Таблица 6 Шкала оценки по запасам всхожести семян сорняков

Запас всхожих семян	Интервалы классов численностью, тыс. всхожих семян в 1 т удобрений				
	Бесподстилочный навоз влажностью, %				
	менее 90, от 90 до 93, более 93,				
	полужидкий жидкий навозные стоки				
Низкий	Менее 30	Менее 20	Менее 17		
Средний	30–100	20–60	17–50		
Высокий	100-300	60–100	50-100		
Очень высокий	Более 300	Более 100	Более 100		

**Пример.** В 1 т подстилочного навоза содержится 5,1 млн семян сорняков. Для оценки качества такого навоза по предлагаемой шкале 5,1 млн разделить на 10, получим 510 тыс. Содержание семян сорных растений в таком навозе оценивается в 3 балла (высокий запас семян). Следовательно, внесение такого навоза в почву создает сильную засоренность посевов.

Исходя из этого, самое главное — разработка и регистрация стандарта предприятия на эффлюент (effuent) — органическое удобрение, полученное в результате анаэробной переработки органических отходов в метантенках (фугата (fugat) – жидкой фракции эффлюента, шлама (schlam) – твердой фракции эффлюента) (ГОСТ Р 52808–2007).

Ведь только при условии надлежащей реализации эффлюента возможен коммерческий успех любого биогазового проекта.



Для успешной эксплуатации БГУ необходимо:

заключение долгосрочного договора на утилизацию органических отходов 3-го и 4-го классов опасности согласно Постановлению от 12 июля 2003 г. №344:

заключение долгосрочного договора с сетью оптовой и розничной торговли на покупку органических удобрений по ценам, соответствующим цене замещаемым минеральным удобрениям с учетом класса опасности (гигиенический сертификат) в том числе для комнатных растений.

Для этого необходимы разрешительные документы (табл. 7).

Таблица 7

Перечень необходимых разрешительных документов (гигиенических сертификатов) для использования в личных целях и реализации на потребительском рынке продукции, вырабатываемой биогазовыми установками

Вид (тип удобрения)	Вид разрешительно- го документа	Примечание
Фугат (fugat) – жидкая фракция эффлюента Шлам (schlam) – твердая фракция эффлюента	Сертификат*	Для термофиль- ного режима ферментации
Фугат (fugat) – жидкая фракция эффлюента Шлам (schlam) – твердая фракция эффлюента	Сертификат*	Для мезофиль- ного режима ферментации

\* ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии РАСХН. Агрофизический научно-исследовательский институт РАСХН (разработка технологии производства Комплексных микробиологических удобрений из переброженной массы БГУ. Лабораторные исследования отходов, почв, удобрений, сертификация биоудобрений)

В качестве разрешительных документов (заключений, рекомендаций) ряд организаций использует:

санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека;

протоколы испытаний аккредитованных лабораторий и центров экспертизы;

рекомендации и заключения ведущих научноисследовательских организаций, в том числе Заключение Российского Государственного Аграрного Университета – МСХА имени К.А. Тимирязева;

заключение экологического факультета Российского Университета Дружбы Народов.

Исходя из проведенного анализа, перспективным представляется более расширенное использование солнечной энергии, аккумулированной солнечным соляным прудом, по сравнению с приведенным в [5].

Энергию солнечного соляного рва (пруда в форме кольца, охватывающего придонную боковую поверхность метантенка) можно использовать для подогрева субстрата и для больших биогазовых установок (рис. 4).

Метантенк 1 (рис. 4) размещен на дне пруда 2, в который поступает прямое солнечное излучение 3 и отраженное от боковой наружной поверхности метантенка 1 солнечное излучение 4.

Поддержание необходимой температуры ферментации в метантенке 1 за счет использования солнечной энергии (теплоты рассола рва 2) обеспечивается следующим образом.

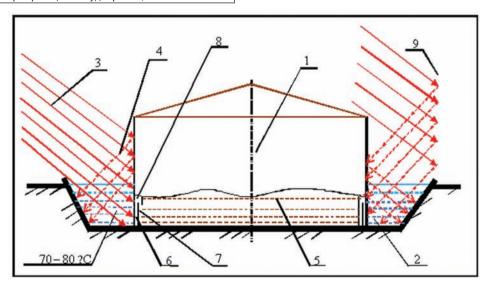


Рис. 4. Схема метантенка большого объема с солнечным соляным рвом:

1 – метантенк; 2 – солнечный соляной ров (кольцевой пруд); 3 – прямое солнечное излучение; 4 – отраженное солнечное излучение; 5 – субстрат; 6 – наружный кольцевой зазор между солнечным соляным рвом 2 и внутренним объемом метантенка 1; 7 – внутренний кольцевой зазор между солнечным соляным рвом 2 и внутренним объемом метантенка 1; 8 – теплоизоляция метантенка 1; 9 – отражатель солнечного излучения.



При заполнении наружного 6 и внутреннего 7 кольцевых зазоров водой поступление тепла из солнечного соляного пруда 2 к субстрату 5 в метантенке 1 максимально. Это обеспечивает, при необходимости, ускоренный нагрев сырья до требуемой температуры ферментации. После нагрева субстрата до требуемой температуры производятся слив воды из наружного 6 или внутреннего 7 зазоров и их осушение. В результате интенсивность поступления тепла из солнечного соляного пруда 2 через воздушные зазоры 6 и 7 уменьшается в десятки-сотни раз, по сравнению с тем, когда они были заполнены водой. Можно осушать и один из зазоров.

Дальнейшее поддержание температуры субстрата в требуемых пределах можно обеспечивать как за счет синхронного регулирования подачи «горячего» сырья и отвода эффлюента, так и за счет периодического заполнения зазоров 6 и 7 водой и создания в этих зазорах низкого вакуума.

Такая комбинированная установка генерации биогаза может обеспечить работу метантенка 1 в термофильном режиме, в первую очередь в странах с жарким климатом (Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан) без затрат вырабатываемого биогаза на собственные технологические нужды. Это очень актуально, если затем биометан используется в качестве моторного топлива, для обжига кирпича, освещения, для производства асфальта, выработки пара и для других технологических процессов, где нужна температура, намного превышающая  $100\,^{\circ}\mathrm{C}$ .

В зазоре 6, при осушенном зазоре 7, в течение всего летнего периода можно подогревать воду для приготовления субстрата.

Кроме того, в зазоре 6, при осушенном зазоре 7, можно подогревать воду весной, для использования при поливе в теплицах и парниках, обеспечивая поддержание в них приемлемую температуру не только воздуха но и грунта, так как, например, в мае естественная средняя месячная температура почвы на юге Омской области на глубине 0,4 м составляет 8,7 °C, на глубине 0,8 м — 5,1 °C, а на глубине 1,6 м — всего 0,9 °C.

При осушенном зазоре 6 прокачкой холодной воды по зазору 7 можно охлаждать субстрат.

Для более эффективного аккумулирования солнечной энергии солнечным соляным рвом с северной стороны метантенка *1* (рис. 4) надо установить отражатель *9* (концентратор солнечной энергии), который будет направлять отраженное солнечное

излучение в северную часть рва (пруда) в наиболее солнечное, полуденное, до- и послеполуденное время.

Конечно, представленная на рис. 4 схема метантенка с солнечным соляным рвом пригодна и для малых и средних БГУ.

Использование в технологическом производстве биогаза солнечной энергии позволяет обеспечить его летнее и осеннее производство с наибольшей эффективностью, что особенно важно в районах, отрезанных от крупных энергетических центров из-за разлива рек, бездорожья и т.д.

БГУ такого типа позволят более эффективно обеспечивать за счет вырабатываемого удобрения подержание плодородия почв, предотвращать свободную эмиссию биометана в атмосферу.

Прибыль от эксплуатации БГУ зависит от многих факторов, включая продажи «побочных» продуктов. Самую значительную прибавку к прибыли от продажи биометана можно получать от реализации жидких удобрений, поскольку это высоколиквидная продукция, пользующая постоянным спросом. Спрос на удобрения есть всегда, поскольку непреложным фактором функционирования аграрной биосистемы является баланс между внесением в почву и выносом из неё энергии в виде питательных веществ: внесение их должно быть не менее выноса.

При выработке биогаза использование солнечной энергии для подогрева субстрата в большом метантенке позволит летом и осенью применять термофильный режим ферментации, В этом случае при том же объеме метантенка выход биогаза увеличится в 1,5 – 2 раза.

#### выводы

Стоимость БГУ с солнечным соляным прудом значительно ниже стоимости традиционной БГУ, при одинаковых объемах метантенков. При этом использование термофильного режима ферментации в них дополнительно ведет к снижению стоимости 1 кВт их установленной мощности.

За летний период эксплуатации БГУ с ССП, при работе большую часть времени в термофильном режиме, можно получать больше товарного биогаза, по сравнению с традиционной БГУ.

Поскольку эффективность обеззараживания удобрения у БГУ с ССП выше, то и доход от реализации удобрений будет также выше.

Модернизация с использованием солнечного соляного пруда БГУ позволит уменьшить вес удельных капитальных затрат в 1,5 – 2 раза (в рас-



чете на единицу мощности) и повысить рентабельность биогазовых проектов.

Перспективным представляется использование энергии солнечного соляного рва, пруда — в форме кольца, для подогрева и поддержания температуры ферментации субстрата в метантенках различных размеров.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Газета** «Энергетика и промышленность России». 2014. №11. С.12.

- 2. **Ковалев А.А.** Повышение энергетической эффективности биогазовых установок. Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. М., 2014.
- 3. **Осадчий Г.Б.** Гелиометантенк-реактор биогазовой установки // Промышленная энергетика. 2006, № 12. С. 42 43.
- 4. **Rusnauka.com**>6\_PNI\_2011/Agricole/2\_79078. doc.htm
- 5. **Осадчий Г.Б.** Солнечная энергия, её производные и технологии их использования (Введение в энергетику ВИЭ). Омск: ИПК Макшеевой Е.А., 2010, 572 с.

## СПИСОК АВТОРОВ РАЗДЕЛА «НАУКА»

**Самедова Ф.И.,** зав.лаб., член-корр. НАНА, Институт нефтехимических процессов (ИНХП) Национальной Академии Наук Азербайджана, г.Баку

Абдуллаева Ю.А., вед. научн. сотрудник, канд. техн. наук,

Гусейнова Г.А., вед. научн. сотрудник, д-р техн. наук,

Бабаева Ф.А., вед. научн. сотрудник, канд. хим. наук,

Шахвердиева А.Ф., млад. научн. сотрудник, аспирант,

Елчиева У.Д., научн. сотрудник, аспирант,

**Ерохов Виктор Иванович,** профессор МГТУ МАМИ, д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки

**Гусейнова Г.А.**, д-р хим. наук, вед. научн. сотрудник, Институт нефтехимических процессов (ИНХП) Национальной Академии Наук Азербайджана, г.Баку,

**Самедова Ф.И.** член-корр НАНА, д-р хим. наук, профессор,

Рашидова С.Ю., лаборант,

Гулиев А.И., аспирант,

Гаджиева И.А., техник

**Осадчий Геннадий Борисович**, инженер, автор 140 изобретений СССР. моб. 8(962)0434819, e-mail: <u>genboosad@mail.ru</u>

Samedova F.I., Abdullayeva Y.A., Guseynova G.A., Babayeva F.A., Shahverdiyeva A.F., Elchiyeva U.D. Institute of petrochemical processes, national Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku

Erokhov V.I., Professor, Moscow state engineering University «MAMI», Dr. V. A. Sciences, honored worker of science of the Russian Federation

Guseynov, G. A., Samedova F. I., Rashidova S. Yu, Guliyev, A. I., Gadjiyeva I. A. Institute of petrochemical processes of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku

Osadchy,G, B., engineer, the author 140 inventions of the USSR, e-mail: gen-boosad@mail.ru



## АЛЕКСЕЙ МИЛЛЕР: ГАЗОВЫЙ КАМАЗ ДОКАЗАЛ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА

В центральном офисе ОАО «Газпром» Председатель Правления Алексей Миллер встретился с генеральным директором ОАО «КАМАЗ» Сергеем Когогиным, руководителем «КАМАЗ-мастер» Владимиром Чагиным и пилотами команды. На встрече обсуждались результаты российских гонщиков на международных соревнованиях и перспективы дальнейшего сотрудничества.



Команда «КАМАЗ-мастер» в этом году вновь подтвердила статус чемпиона среди спортивных грузовиков и заняла весь пьедестал почета на ралли «Дакар-2015», а также первое и второе место в марафоне Africa Eco Race 2015.

Впервые в международном ралли Africa Eco Race в составе команды «КАМАЗ-мастер» принял участие спортивный грузовик, работающий на природном газе. Газовый КАМАЗ преодолел все сложности африканского марафона и вошел в тройку лидеров в общем зачете автомобилей.

«От души поздравляю вас с новой заслуженной победой, одержанной одновременно на двух континентах. За выступлением команды «КАМАЗ-мастер» в этом году мы следили с особым интересом.



Газовый КАМАЗ наглядно показал эффективность природного газа в качестве моторного топлива», – сказал Алексей Миллер.







#### СПРАВКА

ОАО «КАМАЗ» — крупнейшая автомобильная корпорация в России. В настоящее время компания реализует программу по разработке и выпуску автомобилей на газомоторном топливе. ОАО «КАМАЗ» является поставщиком газобаллонного транспорта и техники для ОАО «Газпром» в рамках реализации Программы по расширению использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы Газпром на 2014–2017 гг.

Команда «КАМАЗ-мастер» является трехкратным обладателем Кубка мира по внедорожным ралли, неоднократный призер и тринадцатикратный победитель трансконтинентального супермарафона «Дакар», отмеченного высшей категорией сложности, четырехкратный победитель международного ралли «Шелковый путь», бессменный лидер чемпионатов России по ралли.

Газовый КАМАЗ — специальная модель спортивного грузового автомобиля, в котором в качестве моторного топлива используется природный газ. Автомобиль создан в 2013 году командой «КАМАЗ-мастер» при поддержке ОАО «Газпром» и банка ВТБ. Цель проекта: демонстрация возможностей природного газа в качестве моторного топлива.

С 28 декабря 2014 года по 11 января 2015 года газовый КАМАЗ принял участие в международном ралли «Africa Eco Race 2015». Заправку автомобиля природным газом на ралли «Africa Eco Race 2015» обеспечивал передвижной автомобильный газовый заправщик (ПАГЗ) «Газпром газомоторное топливо».

ООО «Газпром газомоторное топливо» — единый оператор по развитию рынка газомоторного топлива от ОАО «Газпром». Компания создана в декабре 2012 года. Целью компании является расширение использования природного газа в качестве моторного топлива, который, по сравнению с традиционными видами топлива, является более экологичным, экономичным и безопасным.



# **АВТОБУСЫ И АВТОМОБИЛИ – НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО**

В министерстве энергетики, промышленности и связи Ставрополья состоялось совещание по вопросу реализации федеральной программы субсидирования закупки автобусов и автомобильной техники для жилищно-коммунального хозяйства, работающих на газомоторном топливе. Ее действие будет возобновлено на территории края с текущего года.

Как сообщил первый заместитель министра энергетики, промышленности и связи Ставрополья Игорь Демчак, уже начат сбор заявок. О желании участвовать в программе заявили 15 муниципалитетов края, одно юридическое лицо и три индивидуальных предпринимателя. Они готовы закупить для жилищно-коммунального хозяйства региона более 300 единиц автобусов и техники.

В настоящее время специалистами Минпрома разрабатывается порядок предоставления субсидий.

Обсуждены также перспективы строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций на Ставрополье. Напомним, в феврале 2014 г. между правительством края и ООО «Газпром газомоторное топливо» заключено соглашение о расширении использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива. В рамках реализации соглашения с 2014 по 2023 г. на Ставрополье планируется строительство 11 новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, 40 модулей заправки компримированным природным газом.

Stavregion.ru (Портал органов государственной власти Ставропольского края)

# «ГАЗПРОМ» АКТИВНО ВЕДЕТ ГАЗИФИКАЦИЮ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В центральном офисе ОАО «Газпром» состоялась рабочая встреча председателя правления Алексея Миллера и губернатора Ростовской области Василия Голубева.

Стороны обсудили ход реализации Соглашения о сотрудничестве. В частности, речь шла о газификации региона. Было отмечено, что в результате совместной работы «Газпрома» и правительства области уровень газификации региона с 2002 г. был увеличен более чем на 20% — до 85,5% (в среднем по России этот показатель составляет 65,1%).

В 2015 г. «Газпром» планирует начать в Ростовской области строительство 16 межпоселковых газопроводов. Кроме того, в 2015–2017 гг. компания намерена реконструировать восемь газораспределительных станций, в том числе в городах Гуково, Пролетарск, Шахты и Новошахтинск.

На встрече было отмечено, что Ростовская область — один из десяти регионов, которые являются приоритетными для «Газпрома» с точки зрения развития рынка газомоторного топлива. Сегодня здесь работают 12 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). «Газпром» намерен значи-

тельно расширить газомоторную инфраструктуру области — к 2023 г. построить еще 12 АГНКС и установить 27 модулей для заправки автомобилей газомоторным топливом на действующих АЗС.

Для наиболее эффективного развития газомоторной инфраструктуры и газотранспортной системы Ростовской области «Газпром» и правительство региона разрабатывают соответствующие дорожные карты. Так, дорожная карта по развитию газотранспортной системы синхронизирует развитие газотранспортных мощностей с реализацией инвестиционных проектов, прежде всего — в сельском хозяйстве.

На встрече было отмечено, что «Газпром» ведет большую работу по сооружению в Ростовской области социально значимых объектов. В частности, в рамках программы «Газпром — детям» компания построила в регионе 54 многофункциональные спортивные площадки, 25 из которых — в 2014 г. Планируется строительство в Ростовской области ещё трех физкультурно-оздоровительных комплексов, один из которых — конно-спортивный.

Управление информации ОАО «Газпром»



# В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ОБСУДИЛИ ПЛАН РАЗВИТИЯ РЫНКА ГАЗОМОТОРНОГО ТОПЛИВА

В Волгоградской области состоялось заседание рабочей группы по реализации Соглашения с «Газпром газомоторное топливо» о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива. Участники встречи обсудили меры, направленные на развитие рынка газомоторного топлива в регионе.



В целях реализации Распоряжения Правительства РФ от 13 мая 2013 г. №767-р Волгоградская область планирует закупить 58 автобусов ООО «Волгабас», работающих на природном газе. На встрече были определены сроки и график поставки газомоторной техники. «Газпром газомоторное топливо» обеспечит заправку транспорта природным газом. Для этого рассматривается вопрос выделения земельных участков под строительство новых автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в области.

Для комплексного развития газомоторного рынка в Волгоградской области по итогам встречи решено разработать региональную программу по расширению применения природного газа в качестве моторного топлива, а также план-график синхронизации работ с учетом 3-летней перспективы.

#### СПРАВКА

Перевод общественного транспорта на природный газ в регионах реализуется по Распоряжению

Правительства РФ от 13 мая 2013 г. N 767-р по использованию природного газа в качестве моторного топлива на общественном, автомобильном транспорте и транспорте дорожно-коммунальных служб.

ООО «Газпром газомоторное топливо» — единый оператор по развитию рынка газомоторного топлива от ОАО «Газпром». Компания создана в декабре 2012 года. Целью компании является расширение использования природного газа в качестве моторного топлива, который, по сравнению с традиционными видами топлива, является более экологичным, экономичным и безопасным.

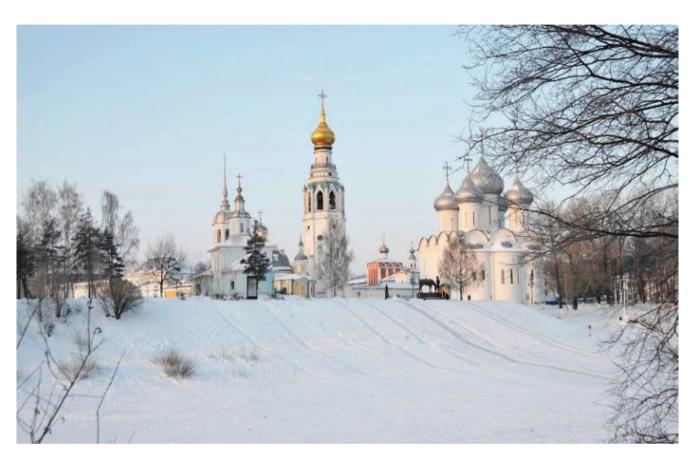
На территории Волгоградской области функционирует девять автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) «Газпрома».

Соглашение о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива между ООО «Газпром газомоторное топливо» и Правительством Волгоградской области подписано 12 августа 2014 года.



## «ГАЗПРОМ ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО» И ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛАСТЬ БУДУТ РАЗВИВАТЬ ГАЗОМОТОРНУЮ ИНФРАСТРУКТУРУ

ООО «Газпром газомоторное топливо» и правительство Вологодской области подписали Соглашение о сотрудничестве в развитии газомоторной инфраструктуры.



Стороны выступают за совместную реализацию комплекса мероприятий по повышению уровня использования в Вологодской области природного газа в качестве моторного топлива на пассажирском и специальном транспорте, а также коммунальной, сельскохозяйственной и другой технике.

Для обеспечения заправки обновленного автопарка экономичным и экологичным моторным топливом «Газпром газомоторное топливо» создаст в регионе газозаправочную инфраструктуру и пункты переоборудования и технического обслуживания газобаллонных автомобилей.

В рамках Соглашения стороны сформируют рабочую группу, которая определит перечень первоочередных и перспективных объектов строительства: АГНКС и многотопливных заправочных станций (МАЗС). Их строительство, а также расширение парка газоиспользующей техники будут осуществляться в соответствии с Программой раз-

вития рынка газомоторного топлива в Вологодской области.

Кроме того, «Газпром газомоторное топливо» и правительство региона разработают план-график синхронизации работ. Контроль за его исполнение будет вести рабочая группа.

#### СПРАВКА

В настоящее время на территории Вологодской области действует 1 АГНКС ОАО «Газпром».

ООО «Газпром газомоторное топливо» — единый оператор от ОАО «Газпром» по развитию рынка газомоторного топлива. Компания создана в декабре 2012 года. Целью компании является расширение использования природного газа в качестве моторного топлива, который, по сравнению с традиционными видами топлива, является более экологичным, экономичным и безопасным.



### В ПРИВОЛЖЬЕ ТРАНСПОРТ ПЕРЕВОДЯТ НА ГАЗОВОЕ ТОПЛИВО

#### Андрей Сергеев

Перевод российского автотранспорта на газомоторное топливо – тема, как никогда, актуальная. И самый заметный экономический эффект дает перевод на газ общественного транспорта. В этом плане Самарская область – один из лидеров среди регионов страны.

#### Цели определены

По словам министра энергетики РФ А.В. Новака, количество автомобилей на газомоторном топливе должно вырасти к 2030 году в 25 раз – до 2,5 млн, газозаправочная инфраструктура должна вырасти в 17 раз – должно появиться минимум 3,5 тыс. газозаправочных станций, что позволит увеличить объемы потребления такого топлива в 20 раз. Ожидаемый результат: сокращение выбросов загрязняющих веществ на 12%, создание порядка 60 тыс. новых рабочих мест и дополнительные доходы в бюджет в размере около 5,3 млрд долларов.

Для реализации этих масштабных планов в структуре ОАО «Газпром» в декабре 2012 г. создана специализированная компания – ООО «Газпром газомоторное топливо», которая определена единым оператором по развитию рынка газомоторного топлива в Российской Федерации. Инвестиционной программой компании на 2014 г. предусмотрено проектирование 51 и строительство 48 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в 22 субъектах РФ, а также реконструкция семи существующих станций в пяти субъектах РФ. Для развития ин-

фраструктуры дополнительно предусмотрено выполнение проектно-изыскательных работ для строительства 54 АГНКС в 2015 г. Кроме того, запланированы проектно-изыскательные работы для строительства 91 объекта размещения блокомпримированного природного газа (КПГ) на действующих или планируемых к строительству АЗС сторонних организаций в следующем году.

В июне 2014 г. в Нижнем Новгороде под председательством полпреда президента РФ в ПФО М.В. Бабича прошло совещание, где рассматривался вопрос расширения использования природного газа в качестве моторного топлива в регионах Приволжья. В обсуждении приняли участие руководители трех ключевых отраслевых министерств РФ: транспорта – М.Ю. Соколова, энергетики – А.В. Новака, промышленности и технологий – Д.В. Мантурова. Перед началом заседания собравшиеся осмотрели экспозицию современной коммунальной, сельскохозяйственной и дорожной техники, работающей на газомоторном топливе (ГМТ), производства ОАО «КАМАЗ» и группы ГАЗ.

По словам полпреда, переход транспорта на газ – очень важная задача для экономики округа. И именно Приволжье подходит для перехода на ГМТ, так как здесь локализована вся необходимая база – производство двигателей, пассажирского транспорта на газе и т.д. Однако есть и очевидные трудности: в ПФО не развита инфраструктура для работы техники на ГМТ – в округе всего 52 газовых автозаправки и 21 сервисный центр. При этом, как отметил М.В. Бабич, Самарская область является



Фото: gazprom.com



одним из лидеров ПФО по использованию техники на газомоторном топливе, причем даже в отсутствие федеральных субсидий.

Для того чтобы стимулировать переход регионов на ГМТ и создать необходимую инфраструктуру, на федеральном уровне будет принят комплекс мер. Среди них – выделение регионам с 2014 г. субсидий на покупку автотранспорта на ГМТ, внесение изменений в земельное законодательство, упрощающее строительство газовых АЗС, а также фиксированная цена на газ для потребителей.

#### Пилотный регион

Особая поддержка будет оказана пилотным регионам, которые перейдут на газ. В их число войдет и Самарская область. Для этого у нас созданы все предпосылки. В конце мая на Петербургском международном экономическом форуме региональное правительство заключило с компанией «Роснефть» соглашение о сотрудничестве для расширения использования ГМТ.

По словам губернатора Н.И. Меркушкина, меморандум о сотрудничестве по использованию природного газа в качестве моторного топлива подписали АВТОВАЗ и «Газпром». В нем предусмотрены разработка газотопливного автомобиля, развитие инфраструктуры заправочных станций, службы сервиса для обслуживания и ремонта. Кроме того, в регионе будут использовать потенциал ОАО «КАМАЗ» для того, чтобы активизировать «газификацию» автотранспорта.

«Мы понимаем значимость этой работы, ведь Самарская область находится на первом месте в ПФО по численности транспорта, – сказал губернатор. – И если на этот вид топлива перевести значительное количество транспорта – эффект для региона будет огромным.

Полпред поддержал планы губернатора. М.В. Бабич уверен, что при наличии федеральных субсидий объемы транспорта, работающего на ГМТ, в Самарской области значительно вырастут. В свою очередь, А.В. Новак подчеркивает, что переход на ГМТ позволит создать в регионах новые рабочие места. В числе наиболее перспективных территорий для решения этой задачи он назвал нашу губернию.

М.Ю. Соколов, обращаясь к главам субъектов ПФО, сказал, что задача стоит амбициозная. Необходимо повысить уровень использования ГМТ в общественном и дорожно-коммунальном транспорте в городах-миллионниках до 50% от общего количества единиц техники. В городах, где живет

более 300 тыс. человек (например, в Тольятти), на газ должно перейти до 30% такой техники. А в населенных пунктах от 100 тыс. человек (к которым у нас можно отнести Сызрань и Новокуйбышевск) – до 10%.

Также на совещании в Нижнем Новгороде, где рассматривался вопрос расширения использования природного газа в качестве моторного топлива в регионах Приволжья, было подписано соглашение о сотрудничестве между ОАО «КАМАЗ» и правительством Самарской области.

Подводя итоги совещания, Н.И. Меркушкин рассказал, что Приволжскому округу выделят из федерального бюджета 3,8 млрд рублей для активизации перехода на ГМТ – как пилотной территории для реализации программы. Сколько из этой суммы получит Самарская область, зависит от того, насколько активно регион будет приобретать транспорт, работающий на ГМТ, и строить инфраструктуру вместе с «Газпромом» и «Роснефтью». Для активизации этой работы областные власти будут взаимодействовать с КАМАЗом.

«Это предприятие произвело много новой техники, работающей на ГМТ, в том числе и передвижные заправочные станции, – сообщил Н.И. Меркушкин. – Они могут подъехать к автобазе, к пассажирскому или грузовому АТП и заправить сразу до 100 машин».

В течение двух лет Самарская область намерена приобрести у КАМАЗа 475 единиц новой техники, а также от трех до пяти передвижных газовых АЗС.

# Н.И. Меркушкин, губернатор Самарской области:

– Для Самары или Тольятти будет достаточно трех передвижных станций, для Сызрани - одной. Что касается стационарных станций, то их региону может понадобиться до 120, если мы хотим перевести на ГМТ 50% перевозок. Областные власти будут содействовать в предоставлении участков для строительства газовых АЗС, в частности, в новых микрорайонах Самары. Переход на ГМТ позволит сэкономить сотни миллионов бюджетных денег. Вдумайтесь, только на обычных автозаправках граждане и организации заправляются на 35-40 млрд рублей в год. Если посчитать, что 30% от этого объема может перейти на другой вид топлива, то получается экономия в несколько миллиардов рублей. А если, к примеру, сельский житель будет заправлять сельхозтехнику или машину газом у себя во дворе, он тоже может существенно сэкономить.



# «ГАЗПРОМ» ЗАКЛЮЧИЛ С ЯМАЛ СПГ КОНТРАКТ НА ПРОДАЖУ 2,9 МЛН Т СПГ

Компания группы «Газпром» Gazprom Marketing & Trading Singapore и компания Yamal Trade заключили контракт на продажу сжиженного природного газа с проекта «Ямал СПГ». Об этом говорится в сообщении, опубликованном на сайте «Газпрома».

«Контракт предусматривает поставку 2,9 млн т СПГ в год. Срок действия договора составляет более 20 лет. СПГ будет поставляться на рынки Азиатско-Тихоокеанского региона, преимущественно в Индию», – говорится в сообщении.

ОАО «Ямал СПГ» реализует проект строительства завода по производству сжиженного природного газа мощностью 16,5 млн т в год на ресурсной базе Южно-Тамбейского месторождения. Начало производства СПГ запланировано на 2017 год, напоминает РБК.

**Creonenergy Newsletter** 

# УРАЛЬСКИЙ ОПЫТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СПГ ВОСТРЕБОВАН ДЛЯ ВСЕЙ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТА РФ

Опыт Екатеринбурга по применению сжиженного природного газа востребован для всей системы транспорта РФ. Об этом было заявлено на совещании, которое прошло в офисе ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», передает ТАСС.

Как рассказали в пресс-службе «Газпром трансгаз Екатеринбург», совещание прошло под председательством начальника Управления транспорта Департамента инвестиций и строительства ОАО «Газпром» Виктора Рахманько.

«Российское правительство еще в 2013 г. приняло постановление о переводе на газовое топливо не менее половины общественного транспорта в

стране к 2017 г. Эту работу необходимо активизировать. В первую очередь необходимо рассмотреть инициативу применения именно сжиженного природного газа на транспорте. Опыт, который имеет Екатеринбург в этом вопросе, можно использовать для всей системы транспорта  $P\Phi$ », – отметил Рахманько.

**Creonenergy Newsletter** 

## КОММЕРЧЕСКИЕ ПЕРЕГОВОРЫ О НОВОМ КОНТРАКТЕ С КИТАЕМ ПРОДВИГАЮТСЯ ХОРОШИМИ ТЕМПАМИ

В Пекине состоялась встреча Председателя Правления Алексея Миллера и Первого заместителя Премьера Государственного Совета КНР Чжан Гаоли.

Стороны обсудили ход подготовки Межправительственного соглашения по организации поставок российского трубопроводного газа в Китай по «западному» маршруту.

Алексей Миллер также провел встречу с Председателем Совета директоров CNPC Чжоу Цзипином. Стороны обсудили основные вопросы, связанные с подписанием контракта и технического соглашения на поставку российского газа в КНР по «западному» маршруту.

«В текущих переговорах мы сосредоточены на "западном" маршруте. Новый контракт готовится на поставку 30 млрд куб. м газа в год. Проект газопровода для западного маршрута имеет очень высокую степень готовности к началу строительства. В коммерческих переговорах мы продвигаемся хорошими темпами», — сказал по итогам визита Алексей Миллер.

#### СПРАВКА

CNPC — крупнейшая, 100% государственная нефтегазовая компания Китая, одна из крупнейших интегрированных энергетических компаний мира.

21 мая 2014 года «Газпром» и CNPC подписали Договор купли-продажи газа по «восточному» маршруту. Договор заключен сроком на 30 лет и предполагает поставку российского газа в КНР в объеме 38 млрд куб. м газа в год.

10 ноября 2014 года «Газпром» и CNPC подписали Рамочное соглашение о поставках природного газа из России в Китай по «западному» маршруту.

«Восточный» маршрут предусматривает поставку в КНР российского природного газа Якутского и Иркутского центров газодобычи по магистральному газопроводу «Сила Сибири».

«Западный» маршрут предусматривает поставку в Китай газа с месторождений Западной Сибири.

Управление информации ОАО «Газпром»



AΓ3K+AT, № 2 (95) / 2015

# В 2016-2019 ГОДАХ БУДУТ ПОСТРОЕНЫ 15 АРКТИЧЕСКИХ ГАЗОВОЗОВ ЯМАЛ СПГ

Российский морской регистр судоходства (РС) подвел итоги деятельности в 2014 г., отметив, что минувший год стал знаковым в работе РС, сообщает пресс-служба регистра.

На класс РС началось строительство первого в мире арктического газовоза СПГ. Новое 300-метровое судно, перевозящее сжиженный природный газ в мембранных танках, будет способно передвигаться во льду толщиной около двух метров.

Под техническим наблюдением РС уже ведется, а также законтрактовано строительство свыше 150 судов общей валовой вместимостью около 2 миллионов единиц, из них: газовозы – 11; ледоколы и специализированные суда обеспечения – 21; нефтеналивные суда – 27; буксиры – 30; морские ледостойкие стационарные платформы – 7.

Для обеспечения транспортировки нефти с терминала Новый Порт (Обская губа, ЯНАО), при участии центра РС по судостроению и техническому сопровождению проектирования в г. Пусан, в Южной Корее будут построены шесть танкеров дедвейтом 42 тыс. т ледового класса Arc7.

В общей сложности 15 арктических газовозов «Ямал СПГ» будут построены на класс РС в 2016–2019 годах, отмечает portnews.

С участием РС ведется постройка специализированных ледокольных судов, судов-снабжения морских платформ, а также дизель-электрических ледоколов мощностью 16 и 25 МВт. В рамках этих проектов РС активно сотрудничает с ведущими верфями по строительству судов высоких ледовых классов в Финляндии и Ю. Корее, а также с Выборгским судостроительным заводом и Балтийским заводом, на стапелях которого строится серия универсальных атомных ледоколов нового поколения мощностью 60 МВт и первая в мире плавучая атомная электростанция «Академик Ломоносов».

РС активно развивает морское нефтегазовое направление. В процессе обустройства месторождения им. В. Филановского в Каспийском море, реализуемого нефтяной компанией «ЛУКОЙЛ», РС осуществляет техническое наблюдение на всех стадиях работ с морскими сооружениями — от рассмотрения документации, сертификации изделий и материалов, включая трубную продукцию и оборудование морских объектов, до установки на месте эксплуатации и испытаний морских сооружений. Главная особенность участия РС в проекте — комплексное применение правил РС, охватывающих всю инфраструктуру месторождения, включая буровые комплексы, системы морских подводных трубопроводов и проведения морских операций.

В качестве независимого эксперта РС оказывает услуги третьей стороны в ходе реализации проекта

по сооружению стационарного точечного нефтяного причала в Обской губе (Новопортовское месторождение).

Международный статус РС обуславливает активное сотрудничество с международными организациями, морскими администрациями десятков государств, иностранными классификационными обществами. В 2014 году заключены новые соглашения с морскими администрациями ЮАР и Израиля, существенно расширен объем полномочий, делегированных крупнейшими мировыми флагами. РС является организацией, признанной 70 государствами флага.

Для поддержания сбалансированной системы современных требований РС проводит научные разработки, координируемые Научно-техническим советом, и систематически обновляет требования правил.

В 2015 г. планируется ряд поправок к одному из основных документов общества, Правилам классификации и постройки морских судов, в которые будут внедрены новые, отвечающие современным международным требованиям, дополнительные знаки и словесные характеристики символа класса. Для удобства клиентов в Правила дополнительно будут интегрированы финско-шведские стандарты ледовой классификации.

В результате участия РС в проектах по строительству газовозов СПГ разработаны новые требования к оборудованию для судов этого типа, в том числе нормативно-техническая база РС дополнена новыми требованиями к материалам, используемым в системе хранения грузов газовозов.

С учетом опыта, приобретенного на зарубежных верфях, будут усовершенствованы требования к организации проведения технического наблюдения при постройке судна и в ходе его испытаний, Правил технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов.

Кроме того, будут переизданы правила и Руководство по морским подводным трубопроводам, а также подготовлены новые редакции правил по нефтегазовому оборудованию и подводным добычным комплексам.

«РС намерен продолжать работу по развитию компетенций в высокотехнологичных сегментах, таких как ледовый класс, морская техника для добычи и транспортировки углеводородов», – указывается в сообщении.

Creonenergy Newsletter





# «ГАЗПРОМ» ПРИНЯЛ РЕШЕНИЕ О СТРОИТЕЛЬСТВЕ БАЛТИЙСКОГО СПГ В УСТЬ-ЛУГЕ

Руководство ОАО «Газпром» приняло решение о строительстве завода по производству сжиженного газа в порту «Усть-Луга». Как сообщается на официальном сайте компании, проект выходит в инвестиционную стадию реализации.

Проекту Балтийского СПГ был дан старт летом 2013 г., когда «Газпром» подписал с Ленобласть меморандум о сотрудничестве по этому проекту. Изначально рассматривалось три площадки: одна в Кингисеппском и две – в Выборгском районе Ленобласти. В октябре 2014 г. зампредседателя правления компании Валерий Голубев сообщил журналистам, что «Газпром» считает наиболее удобной площадкой с точки зрения ледовой обстановки и строительства фарватеров порт Усть-Луга.

Согласно материалам компании, мощность Балтийского СПГ составит 10 млн т в год с возможностью расширения до 15 млн т в год. Газ на завод будет поступать из Единой системы газоснабжения России. Завод начнет выпуск продукции в конце 2018 г. «Газпром» рассматривает возможность при-

влечения в проект партнера или нескольких партнеров с общей долей участия до 49%.

Отметим, что ряд компаний, которые ранее планировали реализовать проекты в Усть-Луге, в прошлом году пересмотрели свои намерения. Так, в августе Объединенная металлургическая компания (ОМК, владелец Анатолий Седых) объявила о решении отказаться от строительства к 2015 г. Балтийского металлургического терминала (хотя проект уже был подготовлен и получил все согласования).

Ранее стало известно, что Александр Несис может отказаться от строительства карбамидного завода в Усть-Луге. Формальным поводом стал протест жителей региона против размещения производства, передает РБК.

**Creonenergy Newsletter** 

# «НОВАТЭК» И «ТОТАЛЬ» ПЛАНИРУЮТ ЗАПУСТИТЬ ПРОЕКТ «ЯМАЛ-СПГ» В 2017 ГОДУ

Министр энергетики Российской Федерации Александр Новак провел встречу с генеральным директором компании «Тоталь Разведка Разработка Россия» (дочерней структуры французской Total) Жаком де Буассезоном.

Александр Новак подчеркнул значимость сотрудничества с концерном: «На протяжении многих лет «Тоталь» является нашим надежным партнером. Его активное участие в реализации проектов на территории России - пример высокого профессионализма и абсолютного взаимопонимания».

«Наш курс в отношении России остается неизменным, таким же, как он был при Кристофе де Маржери. Все трудности носят временный характер - на середине переправы нет смысла поворачивать назад», – в свою очередь отметил Жак де Буассезон.

В ходе встречи стороны обсудили ход реализации текущих проектов с участием Total в России, а также перспективные направления сотрудничества. В частности, руководитель российского подразделения концерна рассказал об успешной работе по проекту «Ямал-СПГ», реализация которого идет заданными темпами. По словам Жака де Бу-

ассезона, строительство объектов завершено уже на 20-25% («Новатэк» и «Тоталь» планируют запустить проект в 2017 г.), открылся аэропорт. Помимо этого, представитель французского концерна анонсировал совместный с «Новатэком» запуск Термокарстового газоконденсатного месторождения, который состоится в апреле.

Кроме того, министр и представитель «Тоталь» обсудили перспективы Харьягинского СРП, в частности, решение проблемы по утилизации попутного газа (ПНГ). В данный момент «Тоталь Разведка Разработка Россия» проводит оценку уже осуществленных затрат на утилизацию ПНГ и работает над передачей оператору всех связанных с проектом субподрядов, сообщил Жак де Буассезон. Александр Новак выразил уверенность в успешном выполнении «Тоталь» поставленной задачи, а также поздравил французского коллегу с 15-летием добычи на Харьягинском месторождении.

EnergyLand.info



# ОМЗ ПРИСТУПИЛ К СЕРИЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Орский машиностроительный завод (ОМЗ), входящий в состав нефтесервисного подразделения Трубной Металлургической Компании (ТМК), приступил к серийному производству сосудов высокого давления (газовых баллонов) на 250 атмосфер (24,5 МПа).

Первая товарная партия баллонов в объеме 300 штук была изготовлена и отгружена по заказу «Газпром газомоторное топливо» для использования в качестве аккумуляторов газа на семи автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС), которые будут построены и введены в эксплуатацию в 2015 году в Новосибирской, Челябинской, Омской областях и республике Башкортостан.

Освоение производства данного сортамента газовых баллонов отвечает запросам развивающегося в России рынка альтернативного моторного топлива и содействует реализации целевой комплексной программы Газпрома по развитию газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе. В этом сегменте ОМЗ также активно сотрудничает с автопроизводителями, осуществляя поставки газовых баллонов для установки на автотранспортные средства для использования компримированного природного газа в качестве топлива. В 2014 году ОМЗ поставил для автопрома 4 000 единиц газовых баллонов.

ОМЗ, специализирующийся на производстве замков для бурильных труб и комплектующих деталей для нефтепромыслового оборудования, также выпускает газовые баллоны различного назначения, в том числе для автоматизированных газовых и газопорошковых систем пожаротушения, для технических газов. В настоящее время на предприятии проводится реконструкция производства газовых баллонов, в результате чего мощность оборудования увеличится до 100 тысяч штук в год баллонов высокого качества.

«Оснащение на ОМЗ производства баллонов высокотехнологичным оборудованием и освоение новой продукции, наряду с практической реализацией в России программы по расширению использования газа в качестве моторного топлива, позволит нам увеличить объемы продаж в новом сегменте рынка газовых баллонов и занять на нем достойное место», – прокомментировал заместитель генерального директора ТМК по нефтегазовому сервису Сергей Билан.

Управление информации ОАО «Газпром»





# КРУПНЕЙШЕЕ НЕЗАВИСИМОЕ КИТАЙСКОЕ РЕЙТИНГОВОЕ АГЕНТСТВО DAGONG ПРИСВОИЛО «ГАЗПРОМУ» НАИВЫСШИЙ РЕЙТИНГ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ

Крупнейшее независимое рейтинговое агентство Китая Dagong Global Credit Rating Company Limited (Dagong) присвоило ОАО «Газпром» наивысший рейтинг кредитоспособности — «ААА» со стабильным прогнозом.

Среди факторов, которые стали основанием для присвоения «Газпрому» наивысшего рейтинга, агентство приводит сильные фундаментальные показатели и высокий уровень финансовой устойчивости. Они обеспечивают твердую уверенность в исполнении «Газпромом» всех своих финансовых обязательств, прочные рыночные позиции компании, ее значение для экономики России, а также высокий уровень социальной ответственности бизнеса «Газпрома».

Получение кредитного рейтинга от Dagong будет способствовать дальнейшему расширению базы инвесторов в долговые финансовые инструменты «Газпрома» из стран Азиатско-Тихоокеанского региона, включая пенсионные фонды, страховые компании, инвестиционные фонды и банки, а также повышению лояльности азиатских инвесторов к компании.

#### СПРАВКА

Areнтство Dagong Global Credit Rating Company Limited (Dagong) создано в 1994 году. В настоящее время Dagong является крупнейшим независимым рейтинговым агентством Китая, активно участвующим в развитии азиатского рынка облигаций. Штат агентства насчитывает более 500 сотрудников, из которых более 200 аналитиков имеют ученые степени.

Dagong предоставляет информацию как о корпоративных, так и о суверенных кредитных рисках. По мнению агентства, суверенный рейтинг Российской Федерации («А», прогноз «стабильный») выше аналогичных показателей ряда стран, в том числе США («А-», прогноз «стабильный»).

Управление информации ОАО «Газпром»





### Gazprom

2015 Credit rating report

DGConCYO [2015] 005

#### **Long Term Issuer Default Ratings**

Local currency long term rating/outlook	AAA/ stable
Foreign currency long term rating/outlook	AAA/ stable
Rating Date	2015.02.02

#### **Analyst Contact**

Team leader: PAN Weizhi
Analyst: GUO Zengjin
Contact: JI Yuanqing
Tel: +86-10-51087768
Fax: +86-10-84583355
Support: +86-4008-84-4008
E-mail address:rating@dagongcredit.com
Add: 8/F, Unit A, Eagle Run Plaza, No.26
Xiaoyun Road, Chaoyang District, Beijing,
P.R.China. 100125



## КАК СЭКОНОМИТЬ НА БЕНЗИНЕ: TECTUPYEM ГАЗОВЫЙ PASSAT

Роман Зубко

Проехав на новом Volkswagen Passat, работающем на природном газе, обозреватель Kolesa.Ru, наконец, понял, какой может быть достойная альтернатива автомобилям с традиционными моторами.



#### В ПОИСКАХ «ФИЛОСОФСКОГО КАМНЯ»

Над созданием такой альтернативы конструкторы и ученые бьются так же долго и упорно, как средневековые алхимики – над философским камнем. Причем успехи, мягко говоря, не впечатляют. Самые большие их достижения: автомобили на топливных ячейках (на водороде) и электромобили. Но из всего множества машин, в которых применены последние достижения прогресса, в России можно купить разве что Mitsubishi iMIEV, крохотный автомобильчик ценой в 1,8 миллиона рублей... По-настоящему доступными для людей новомодные «зеленые» автомобили станут еще очень и очень не скоро. Если вообще станут...

Да и экологичность самих электромобилей, вопреки расхожему мнению, сильно преувеличена. Если, конечно, учитывать не только то, что вылетает (или не вылетает) из выхлопной трубы.



Между тем альтернатива привычным бензиновым и дизельным моторам есть. И лежит, в общемто, на поверхности: это двигатели, работающие на газе. Их преимущества известны давно: меньший износ двигателя за счет лучшего сгорания изначально газообразного топлива и отсутствия нагара, большая экономичность, дешевизна топлива





(в сравнении с бензином), безопасность и бездымность выхлопа.

Недостатки – тоже не секрет. Прежде всего, невозможность завести мотор при низкой температуре окружающего воздуха из-за падения давления в газовом баллоне. Отсюда – необходимость в «гибридной» системе питания (газ + бензин) и дополнительном топливном баке.

Кроме того, двигатель, работающий на газе, обладает примерно на 10% меньшей мощностью в сравнении с бензиновым мотором аналогичного объема. И стоит на 15% дороже. Теоретически.

#### АВТОМОБИЛЬ НА ГАЗЕ: КОРОТКИЙ ТЕСТ-ДРАЙВ

Но, как писал еще Гёте, «суха теория, мой друг, а древо жизни пышно расцветает». Возможность выяснить, насколько соответствует теория практике, представилась мне в рамках блиц-теста нового Volkswagen Passat EcoFuel, организованного россий-

ским представительством немецкой компании совместно с ООО «Газпром газомоторное топливо».

Под капотом обычного с виду Пассата – турбомотор 1.4 TSI с непосредственным впрыском. «Питающийся» не только бензином, но и сжатым природным газом, основным компонентом которого является метан. В стандартном варианте этот движок может развивать 122, 140 или 160 л. с.; в версии на природном газе – 150 сил.

Внешне «газовый» Passat ничем не отличается от своих бензиновых и дизельных со-

братьев. Выставочный экземпляр, само собой, был весь в наклейках и логотипах «экотоплива», а вот «товарный» автомобиль отличает исключительно «гравировка» EcoFuel на хромированной накладке в нижней части крышки багажника.

Нет видимых невооруженным взглядом отличий и внутри. Лишь на приборной панели после того, как мотор прогреется и автоматически переключится на потребление газового топлива, вспыхивает соответствующая пиктограмма.

Интерьер – точь-в-точь как на обычном бензиновом (или дизельном) Passat B7. На холостых оборотах «двухтопливный» мотор шелестит еле слышно. Переход на газ после прогрева происходит автоматически, о чем сигнализирует соответствующая контрольная лампа на приборной панели.

150-сильный мотор 1.4 TSI как на холостых оборотах, так и на ходу – самый настоящий «тихоня». «Рычащие» нотки проявляются лишь на оборотах выше средних. Но и при этом движок ничуть не давит на уши.

Как правило, «переход» с бензина на газ не лучшим образом сказывается на динамике. Поэтому при первой же возможности «притопить» педаль я своего не упустил...

...И никаких отличий от «чистокровных» бензиновых моторов семейства TSI не заметил! Разница, может, и есть, но уловить ее, кажется, способен лишь секундомер. Стартуешь ли с места, ускоряешься ли с городских или «трассовых» скоростей – неважно: машина поедет так, как скомандуешь ей педалью газа.

Здесь теория и «древо жизни» соответствуют друг другу идеально. Автомобиль с двигателем,







развивающим 220 Нм крутящего момента в диапазоне от 1 500 до 4 500 об/мин, просто не может быть «меланхоличным»! Passat EcoFuel в кузове «седан» разгоняется с места до 100 км/ч за 9,8 с. Универсал – всего на 0,1 с медленнее.

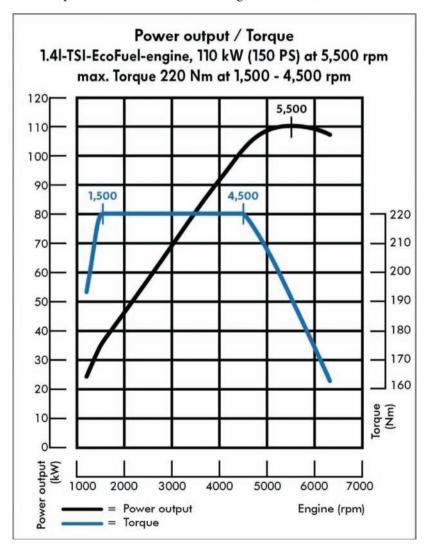
«Я на такой же машине доехал от Москвы до Парижа! – делится опытом специалист российского представительства Volkswagen. – По ди-

намике она ничем не отличается от бензиновой версии».

Зато сильно отличается по запасу автономного хода – он достигает 930 километров! Обеспечивают его три баллона общей вместимостью 21 кг газа и 31-литровый бензобак. Исключительно на газе Passat EcoFuel способен проехать 480 километров. Тоже немало! Электромобили, для сравнения (при выключенных кондиционере и магнитоле), способны преодолеть на полной зарядке не больше 100–150 километров...

Схема шасси Volkswagen Passat EcoFuel. Хорошо видна компоновка «гибридной» (газ + бензин) топливной системы: вокруг задней оси расположены 31-литровый бензобак и три газовых баллона, вмещающих в общей сложности 21 кг сжатого природного газа.

Еще один аргумент в пользу газового Пассата – цены на топливо. Полностью заправить автомобиль на газе по сегодняшним расценкам стоит в несколько раз дешевле, чем залить полный бак 95-го в бензиновое авто.



#### ГОСПРОГРАММЫ ГАЗИФИКАЦИИ

Именно поэтому в Италии, например, где владельцы газовых машин получают скидки и налоговые льготы, количество автомобилей, работающих на газе, с 2005 по 2011 г. удвоилось и достигло без малого 800 000 единиц. В Германии таких машин в несколько раз меньше, но федеральным правительством уже принята программа развития газовых заправок и предоставления разного рода преференций владельцам газовых авто. Если все пойдет по плану, к 2020 г. по дорогам Германии будет бегать порядка 1,4 миллиона машин, потребляющих природный газ!

Российское правительство поддерживает газификацию автотранспорта в основном на словах. А на деле уже вынашивает планы чуть ли не по выравниванию цен на «солярку» и газомоторное топливо! Хорошо, что пока в конкретных решениях эти намерения не воплотились. На сегодняшний же день на фоне постоянного роста цен на бензин автомобиль, работающий на газе, окупается примерно за 25–30 тысяч километров пробега.

AT3K





Что же до цены вопроса, то за базовый Passat 1.4 TSI EcoFuel с роботизированной коробкой передач DSG-7 в комплектации Trendline просят у нас 1 275 000 руб. Это на 240 000 руб. дороже бензинового 152-сильного Passat 1.8 TSI с DSG в аналогичном исполнении.

В комплектации Comfortline газовый Пассат стоит в России 1 336 000 руб., в топовой Highline – 1 391 000 руб. Это – с кузовом «седан». Универсал оценивается в 1 424 000 руб. в «базе» и в 1 486 000 руб. – в исполнении Comfortline. Недешево, конечно, но ощутимо дешевле дизельной версии.

Перевести обычный бензиновый Passat на газовое топливо в независимом сервисном центре в Петербурге стоит около 11 000 руб. По сравнению с версией EcoFuel – практически даром, но нужно понимать, что никакой заводской гарантии «независимые» спецы не дадут.

#### ЧТО В ИТОГЕ?

Всем хорош Пассат на природном газе: динамичный, реально (а не на бумаге) дружественный к окружающей природе, экономичный и недорогой по стоимости владения.

Есть, однако, серьезная проблема, мешающая рекомендовать его к покупке: неразвитость у нас сети газозаправочных станций. Обещают, правда, к 2015 г. в одном только Питере открыть больше десятка новых АГНКС, но и этого будет явно недостаточно в масштабах мегаполиса.

Так что о покупке машин на метане будем думать ближе к 2015 г. А сначала посмотрим, как будут обстоять дела с газозаправочными станциями, и оценим опыт эксплуатации Passat EcoFuel в корпоративных парках. Именно на них сейчас рассчитаны продажи газового Пассата в России.

Колёса.ру



## МЕДЛЕННО, НО ВЕРНО. ИТОГИ КОНФЕРЕНЦИИ КПГ 2014

Россия постепенно движется в сторону более активного использования компримированного природного газа. Принимаются активные меры для стимулирования регионов к переходу на использование данного вида топлива. Однако по-прежнему слаборазвитой остается инфраструктура АГНКС, что тормозит процесс перевода транспортных средств на газ, а также не решена проблема ценового регулирования.

В Москве при поддержке Общероссийской общественной организации «Деловая Россия» и «Национальной газомоторной ассоциации» прошла третья международная конференция «КПГ 2014», организованная CREON Energy.

Генеральный директор CREON Energy Санджар Тургунов, открывая конференцию, отметил, что «Газпром» как самостоятельно, так и совместно с государством, принимает активное участие в переводе коммунального и личного транспорта на КПГ. Но проблемы прошлых лет – нехватка инфраструктуры, вопросы безопасности, ценообразование – никуда не исчезли.

Ценовое регулирование КПГ в России с учётом международного опыта осветил Петр Золотарёв, исполнительный директор по развитию CNGпроекта компании «Русские Машины». Первостепенной задачей при развитии рынка газомоторного топлива является достижение наименьшей совокупной стоимости владения на километр пробега транспорта на КПГ с достаточным паритетом по сравнению с другими видами жидкого моторного топлива и СУГ (пропан-бутан). Как показало технико-экономического моделирование, на процесс расширения использования природного газа в качестве ГМТ в большей степени наряду со многими факторами влияют следующие параметры: километраж (дневной пробег общественного, коммерческого транспорта); цена приобретения (первичная стоимость приобретения, цена инвестиций в транспорт); непосредственно цена на компримированный природный газ. Цена газомоторного топлива должна не только обеспечивать достаточный объем экономических выгод владельцам транспорта на КПГ, но и стимулировать инвесторов к расширению сетей заправок КПГ и СПГ, так как в то же время стоимость реализуемого ГМТ является интегральной функцией себестоимости и возврата инвестиций в заправочную инфраструктуру.

В странах с наибольшим развитием и проникновением КПГ применялось как ценовое регулирование, так и комплексные системные меры поддержки монетарного и немонетарного характера (при организации конкурсов на перевозки – дополнительные баллы за использование КПГ, допуск транспорта на КПГ в центр города, природоохранные зоны и т.д.).

Исключительно ценовым регулированием существующую проблему решить нельзя, поэтому нужен комплексный подход к вопросу развития инфраструктуры заправок, сервиса (включая вопросы поверки баллонов), субсидиарной поддержки закупки транспорта на КПГ, и сбалансированности ценового подхода. Для формирования спроса и предложения на рынке КПГ стоит скоординировать взаимодействие всех его участников: государства, топливных ритейлеров и автопроизводителей. По мнению докладчика, необходимо выработать долгосрочную политику субсидирования для конечного пользователя либо для производителей транспорта.

В качестве примера был приведён опыт Италии, применившей субсидиарный механизм на уровне регулирования цен. Причём не только к автомобильной промышленности, но и к развитию инфраструктуры и её строительства. В итоге, в стране был совершён крайне эффективный переход на газомоторное топливо: при равном количестве АГНКС – машин, работающих на природном газе, значительно больше, чем в ряде других европейских стран.

Как известно, в октябре 2014 года премьер-министр РФ Дмитрий Медведев утвердил распоряжение о распределении субсидий в размере 3,77 млрд рублей бюджетам субъектов РФ на закупку работающих на газомоторном топливе автобусов и техники для ЖКХ.

Евгений Пронин, главный специалист «Газпром экспорт», руководитель рабочего комитета «Использование газа» Международного газового союза в своём докладе рассказал о развитии глобального рынка КПГ. Мировой рынок природного газа для транспорта продолжал расти, несмотря на то, что нефть и нефтепродукты остаются основными в обеспечении энергетикой транспортного комплекса. Парк машин на КПГ и СПГ увеличился на 13% и превысил 22 млн единиц. Количество газовых заправок увеличилось на 20% (26,5 тыс. станций), а учтенный спрос на метан вырос на 43%, превысив 40 млрд м³/год.

На данный момент нет объективных причин говорить о том, что моторное топливо резко упадёт в цене. Розничные цены в Европе остаются на том же уровне и параллельно с общим трендом следуют на повышение.



Мировой рынок КПГ продолжает динамично развиваться, в том числе в Китае, Индии, Аргентине, Бразилии, Пакистане. Правда, последние столкнулись с проблемой нехватки объёмов собственного газа и вынуждены два-три дня в неделю отключать АГНКС от поставки газа. Европа продолжает демонстрировать рост, но не такой заметный, как Азия. Потенциал европейского газомоторного рынка к 2020 г. оценивается примерно в 40–45 млрд м³ природного газа в год, при этом 35–40% будет приходиться на СПГ.

С докладом, посвящённым развитию сети АГНКС, работающей на компримированном природном газе, выступил **Андрэ Шуман**, руководитель департамента «Э.ОН Россия». На сегодняшний день по числу газонаполнительных станций лидером в Европе считается Италия с более чем 1000 заправочных комплексов, затем следует Германия – с 920 АГНКС.

В рамках обсуждения докладов очень часто поднимался вопрос государственной поддержки. Г-н Шуман согласился с мнением, что государство должно создавать рамочные условия для законного бизнеса, но в то же время подчеркнул, что ни одной государственной субсидии для развития инфраструктуры АГНКС в Германии выделено не было. Инициатива развития в данном случае исходила от региональных и межрегиональных поставщиков газа, создавших в 2002 г. компанию «Эрдгаз Мобиль», которая выступает генеральным подрядчиком по строительству АГНКС в стране (от проектирования до ввода в эксплуатацию). Организация разработала единые стандарты безопасности для всех заправочных станций, занималась согласованием межрегионального сетевого планирования для внедрения станций в существующую газотранспортную сеть, а также разработкой типовых договоров с нефтяными и газообеспечивающими компаниями.

Владислав Лукшо, кандидат технических наук, начальник управления научно-исследовательского автомобильного и автомоторного института «НАМИ», рассказал об испытаниях автотранспортных средств с газовыми двигателями, которые проводились на динамометрической дороге центра испытаний ФГУП «НАМИ» в соответствии с методикой, основанной на определении скоростных свойств АТС по ГОСТ 22576–90 и топливной экономичности по ГОСТ Р 54810–2011. Ожидается, что жизненный ресурс эксплуатации газовых двигателей до капитального ремонта будет не ниже ресурса двигателей, которые работают на дизельном топливе.

Среди тенденций развития газовых двигателей докладчик обозначил снижение рабочего объёма, применение высокого наддува, высокая литровая мощность, применение распределённого фазиро-

ванного впрыска газа, переход на стехиометрические смеси.

Надежда Власенко, ведущий научный сотрудник лаборатории охраны окружающей среды и ресурсосбережения Центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда «Газпром ВНИИГАЗ», подготовила сообщение об экологических преимуществах использования природного газа в качестве моторного топлива. Докладчик выделяет следующие положительные стороны: получение ГМТ на основе наилучших доступных технологий; стабильно низкие цены; возможность газифицировать удалённые от газопроводов труднодоступные регионы страны; доступность и распространённость природного газа. Среди технических преимуществ - увеличение срока службы двигателя в 1,5-2 раза и ресурса двигателя на 50%, простота заправки, относительная лёгкость газобаллонного оборудования. В экологическом плане – это снижение токсичных и канцерогенных выбросов в атмосферу.

К участникам круглого стола, посвящённого обеспечению транспорта экологически чистым метановым топливом, обратился его модератор Станислав Люгай, директор центра использования газа «Газпром ВНИИГАЗ», исполнительный директор НП «Национальная газомоторная ассоциация», отметил, что в настоящее время руководством страны дан старт масштабной программе по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива, а газификация транспорта – важный шаг к повышению экономической и энергетической эффективности транспортных перевозок в РФ.

В настоящее время региональные власти разрабатывают необходимую законодательную базу и закупают транспорт на метане, автопроизводители расширяют модельный ряд новыми образцами газомоторной техники, перевозчики предпринимают шаги по эффективной эксплуатации газомоторного транспорта. Ряд мероприятий направлен на развитие и расширение использования природного газа в качестве моторного топлива, при этом, отмечается, что объединение усилий всех заинтересованных сторон позволит системно развивать рынок ГМТ в масштабах всей страны.

Также внимание участников было обращено на проблемные вопросы и задачи, решение которых будет способствовать эффективному развитию газозаправочной и газоиспользующей инфраструктуры: безопасность производства, хранения, транспортировки и использования газомоторного топлива; безопасная эксплуатация транспорта; производство отечественного газозаправочного и газоиспользующего оборудования; снижение капзатрат и себестоимости КПГ; обеспечение потребителя качественным топливом, отвечающим



экологическим требованиям; совершенствование нормативно-технической документации по проектированию, строительству, реконструкции и эксплуатации автотранспортных предприятий, сервисных центров по переоборудованию транспортных средств и пр.

К обсуждению имеющихся проблем присоединился Николай Лапушкин, начальник лаборатории АГНКС «Газпром ВНИИГАЗ». Эксперт добавил, что ещё одним моментом, требующим внимания, является тот факт, что поставляемый по трубопроводам природный газ в некоторых местах для его соответствия экологическому классу 4 и выше, установленному техрегламентом для моторных топлив транспортных средств, необходимо дополнительно готовить. Для применения КПГ в современных автомобилях с ограничением выбросов ОГ на уровне Евро-5 необходимо проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по повышению его качества - удалением серы, твёрдых частиц и высококипящих компонентов, которые приводят к ухудшению рабочего процесса газового двигателя, и, как следствие, к повышению его нагруженности.

В ходе заседания был поднят ещё один немаловажный вопрос, касающийся ценообразования на компримированный природный газ. Напомним, что летом этого года Минэнерго разработало проект, который ограничивал розничную цену КПГ не выше 35% от стоимости дизтоплива. При таком подходе газозаправочный бизнес станет убыточным. В свою очередь, компания «Газпром газомоторное топливо», являющаяся единым оператором по развитию рынка ГМТ от «Газпром», представила все необходимые экономические расчёты, в том числе и в Минэкономразвития. На высшем государственном уровне было принято решение о нецелесообразности привязки к такой низкой (35%) ценовой планке газомоторного топлива. В настоящее время предлагается рассмотреть вариант рыночного ценообразования на КПГ.

В рамках круглого стола Валерий Яшин, генеральный директор объединения «Компрессор», рассказал о продукции предприятия. На протяжении 16 лет основной деятельностью которого является разработка, изготовление и поставка АГНКС, распределенных от Крайнего Севера (Новый Уренгой) до южных регионов (Волгоградская область). Станции работают в разных температурных условиях и наиболее всего подходят к программе импортозамещения, так как сделаны на 99% из отечественного оборудования.

Сергей Мандрик, генеральный директор компании «Промэнергомаш», участвующей в программе строительства АГНКС в России, в рамках круглого стола рассказал о том, что на сегодняшний день они плотно сотрудничают с «Газпром газомоторное

топливо» и готовят к отгрузке полнокомплектный АГНКС, включающий в себя весь комплекс необходимого оборудования (от блока входных кранов до колонок). Производительность: 900, 1000 и 2400 м³ газа/час. Разработки компании позволяют осушать, очищать и приводить качество газа к нормам Евро-4.

Никита Васильев, руководитель проекта «Автомобили LCV и LDT с ГБО» «Группы ГАЗ», представил в своём докладе комплексное предложение для развития инфраструктуры КПГ, включающее в себя автомобильную и автобусную технику, работающую на КПГ, а также оборудование АГНКС. В расширенный модельный ряд транспортных средств, работающих на КПГ, входят лёгкие коммерческие автомобили, среднетоннажные грузовики; тяжелые грузовые автомобили; автобусы малого, среднего и большого классов. Докладчик выразил надежду на то, что, предпринимаемые правительством меры: субсидирование регионов на закупку автобусов и техники для ЖКХ на КПГ и государственное регулирование цен на КПГ, повысят спрос на транспортные средства, работающие на ГМТ.

Андрей Старцев, региональный руководитель GE Oil&Gas Distributed Gas Solutions, представил доклад по технологическому оборудованию компании для заправочных комплексов КПГ. На примере реализации масштабного проекта одного из североамериканских операторов ГМТ эксперт рассказал о финансовой модели развития инфраструктуры газомоторного топлива и влияния капитальных затрат на рентабельность проектов АГНКС и мультитопливных заправочных комплексов (МАЗК).

Доклад о современных баллонах для транспортировки КПГ был представлен Радишей Нуничем, менеджером по работе с ключевыми клиентами и территориями Worthington Industries. Компания занимается производством и поставкой бесшовных стальных и композитных баллонов высокого давления для КПГ компаниям, занятым серийным производством и переоборудованием автомобилей на метан. Г-н Нунич предложил развивать стратегическое сотрудничество с российскими компаниями, обещая со своей стороны предоставить качественные стальные и композитные баллоны, а также удовлетворить спрос потребителя.

Подводя итоги конференции, Санджар Тургунов резюмировал, что «несмотря на трудности первого периода, использование КПГ в России неуклонно растет. Именно сейчас важно не допустить ошибок при формировании фиксированной цены, которая бы отпугнула немногих энтузиастов, взявшихся за дело. Ценообразование должно позволить всем независимым игрокам развиваться и зарабатывать. Только лишь административные усилия успеха иметь не будут».

Neftegas.PU



## Э-МОБИЛЬ ЕДЕТ МИМО ЦЕЛЕВОЙ ГРУППЫ

# ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕНСКОГО АВТОТРАНСПОРТА В ГЕРМАНИИ НЕ ХВАТАЕТ ЗАРЯДНЫХ УСТРОЙСТВ

#### Олег Никифоров

Сегодня на улицах немецких городов курсируют 24 тыс. электромобилей. Это немного, если учесть, что запланировано было на этот год ровно 100 тыс. (к 2020 г. их должно быть уже 1 млн). Однако если учесть, что к 1 января 2014 г. было зарегистрировано только 12 тыс. таких авто, то можно говорить об удвоении в годовом разрезе. Немецкая деловая газета Handelsblatt анализирует, почему все-таки электромобилизация идет не такими быстрыми темпами, как это планировалось. Прежде всего следует констатировать, что немцы серьезно подошли к решению намеченной цели. Были разработаны и предложены клиентам различные модели – от небольших электросмартов до компактных i3 от BMW и спортивных Tesla. Не были забыты и налоговые льготы и даже премии, которые, правда, должны быть в полной мере введены только в 2015 г. Эксперты усматривают главную причину слабой популярности электромобилей в том, что их реклама проходит мимо целевой группы потребителей. А это в первую очередь молодежь.

В чем же проблема? А она кроется в зарядных устройствах. Их явно недостаточно, и к тому же они пока не обеспечивают возможность многокилометровой езды на одной электрозаправке – максимум 100–200 км. Если число бензоколонок в Германии исчисляется десятками тысяч, то электроколонок для подзарядки электромобилей на всю страну насчитывается на сегодня только 4700. Конечно, «заправляться» электричеством можно и дома в собственном гараже с электророзеткой. Но не всем это доступно, и менее всего молодежи, которая в Германии живет на съемных квартирах. Поэтому использование электромобилей пока ограничивается только поездками до ближайшей станции метро или автобуса или до магазинов.

В этом плане в России проблема с зарядкой электротранспорта выглядит совсем неплохо. 11 декабря 2014 г., например, состоялось торжественное открытие зарядных станций для электромобилей в Санкт-Петербурге. Одна из заправок установлена на третьем этаже крытого паркинга Р1 в новом терминале «Пулково», вторая станция размещена на территории паркинга ТРЦ «Галерея».

Мощность каждого устройства – 22 кВт. Среднее время полной зарядки аккумуляторной батареи электромобиля – 3 часа. Создание сети электрозаправок в Петербурге – часть Всероссийской программы раз-



Автомобили с электромотором марки Tesla стали синонимом прогресса. Фото Reuters

вития зарядной инфраструктуры для электротранспорта, которую реализует ОАО «Россети». В рамках этого проекта планируется до 2020 г. сформировать сеть зарядных станций как для общественного транспорта, так и для частного сначала в ключевых регионах, а затем и в масштабах всей страны. Можно выделить два приоритетных направления данной программы: создание электрического общественного транспорта и формирование зарядной инфраструктуры для корпоративных автопарков.

В 2015 г. в Петербурге ОАО «Ленэнерго» планирует установить еще несколько десятков зарядных станций для электрокаров. Составлением «дорожной карты» сети зарядных станций для электротранспорта займутся ОАО «Ленэнерго» и профильные комитеты администрации Санкт-Петербурга. Предполагается, что местами их размещения станут паркинги торгово-развлекательных комплексов в различных районах города, объекты коммерческой недвижимости, а также парковки на улицах и площадях в центре Петербурга. В рамках реализации Всероссийской программы развития зарядной инфраструктуры для электротранспорта ОАО «Россети» создают условия для широкомасштабного внедрения всех видов автономного электротранспорта не только в Санкт-Петербурге. В 2015 г. ОАО «Россети» планирует разместить несколько сотен зарядных станций в Москве, Красноярске, Ярославле, Екатеринбурге, Краснодаре и других городах.

Дочерние предприятия ОАО «Россети» готовят план перевода корпоративного транспорта с двигателем внутреннего сгорания на электротранспорт до 2020 г. с учетом загрузки планируемой зарядной инфраструктуры.



# CHEVROLET PACCEKPETИЛ ГИБРИДНЫЙ VOLT HOBOГО ПОКОЛЕНИЯ

Официальные изображения и информация о новом поколении гибридного Chevrolet Volt появились буквально перед официальным дебютом новинки на автосалоне в Детройте. С новой силовой установкой Volt стал быстрее, при этом дальность поездки увеличилась.



По заявлениям производителя, силовая установка Voltec сбросила 45 килограммов по сравнению с предыдущей версией, а эффективность ее работы повысилась на 12 %. Значительно модернизированы аккумуляторы — количество ячеек в батареях снизилось с 288 до 192, благодаря чему блок сталлегче на 9 килограммов. Мощность самих аккумуляторов возросла с 17,1 кВт до 18,4 кВт.

Также в состав установки входят электромотор (эквивалентная мощность 149 л. с., крутящий момент 398 Нм) и бензиновый двигатель объемом 1,5 литра и мощностью 101 л. с., который используется как генератор. Первые 50 км/ч гибридный Volt способен набрать за 2,6 секунды, а сотню разменивает за 8,4 секунды.













Максимальная скорость автомобиля составляет 157 км/ч, а дальность поездки на одном электричестве достигает 80 километров. Если же будут работать оба двигателя, то Volt сможет проехать до 676 километров без дозаправок.

На полную зарядку требуется 13 часов от 120-вольтовой розетки и всего 4,5 часа — от 240 вольтовой. Интересно, что время зарядки можно запрограммировать на определенное время, что удобно, например, в странах с дифференцированными тарифами на электроэнергию.

По части оснащения новый Volt может похвастать десятью подушками безопасности и камерой заднего вида. В списке опций значатся системы удержания в полосе, контроля слепых зон и автоматического торможения.

Авто.Вести.Ru Фото Chevrolet



## CHEVRON ПРЕКРАЩАЕТ РАЗВЕДКУ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА В ПОЛЬШЕ

Энергетическая компания Chevron объявила о прекращении разведки сланцевого газа в Польше. Ранее разведку сланцевого газа в Польше также прекратили такие компании, как Exxon Mobil и Total. Тем временем в США была прекращена работа на 94 буровых установках, а за последние два месяца — на 352. При нынешних ценах на нефть добыча на некоторых американских скважинах уже перестала приносить прибыль.

Как сообщила американская энергетическая компания Chevron, она прекращает разведку сланцевого газа в Польше. Польское подразделение Chevron «приняло решение прекратить деятельность по сланцевому газу в Польше, так как возможности здесь больше не могут успешно конкурировать с другими возможностями в глобальном портфеле Chevron». Ранее энергетические компании Exxon Mobil, Total и Marathon Oil также сообщили о прекращении разведки сланцевого газа в Польше.

По мнению экспертов, дело тут не только в том, что энергетические компании сейчас находятся в сложной ситуации из-за падения цен на нефть, но и в том, что уже после начала разведки сланцевого газа в Польше оценки запасов газа тут были понижены, кроме того, оказалось, что его добыча сложнее, чем ожидалось ранее. Кроме того, в стране не разрешена ситуация с одобрением добычи местными регуляторами. Добыча сланцевого газа находится под запретом во многих странах Европы, в первую очередь из-за предполагаемых экологических рисков.

Комитет по вопросам экологии парламента Великобритании потребовал запретить добычу сланцевого газа в стране. Протест депутатов вызвал новый законопроект, представленный правительством Дэвида Кэмерона, который, в частности, предполагает добычу сланцевого газа под жилыми районами без специального разрешения.





Тем временем, в США, как сообщила нефтегазовая сервисная компания Baker Hughes, на фоне падения цен на нефть количество работающих буровых установок в США уменьшилось до 1543. По данным компании, за последнюю неделю работа была остановлена на 94 буровых, а за последние два месяца — на 352. Как заявил Мэтт Сэлли из американской инвестфирмы Tortoise Capital Advisors: «Мы подошли к тому моменту, когда цены на нефть упали ниже стоимости добычи в некоторых местах. Это приведет к выдавливанию некоторых существующих сейчас производств».

По словам аналитика компании Price Futures Group Фила Флинна: «Рынок обеспокоен тем, что уровень производства нефти в США перестает расти. Компании сокращают капиталовложения. Количество буровых падает быстрее, чем ожидали многие». Как сообщало ранее на этой неделе агентство Bloomberg, с июня прошлого года инвесторы потеряли из-за падения цен на нефть \$393 млрд.

Согласно отчёту Управления энергетической информации США (EIA), темпы роста сланцевой добычи в США замедлились во второй половине прошлого года, однако общий объем производства нефти продолжит увеличиваться как минимум в течение ближайших двух лет. По данным ЕІА, объем добычи в 2015 г. вырастет на 720 тыс. баррелей в день (6/д) — до 9,3 млн 6/д, а в 2016 г. — еще на 200 тыс. б/д (до 9,5 млн б/д).

Яна Рождественская Коммерсантъ-Online»

