

30. Sandstrom, S. (2008). Technology-based service experiences: A Study of Functional and Emotional Dimensions of Telecom Services. Licentiate Thesis. Karlstad University Studies. Universitetstryckeriet, Karlstad, 3, 48.
31. Brogowicz, A. A., Delene, L. M., Lyth, D. M. (1990). A synthesised service quality model with managerial implications. International Journal of Service Industry Management, 1 (1), 27–44. doi: 10.1108/09564239010001640
32. Schneider, B., White, S. S. (2004). Service Quality. Research Perspectives. Foundations for Organizational Sciences; Sage Publications, 185.
33. Surprenant, C. F., Solomon, M. R., Gutman, E. G. (1983). Service encounters are human interactions. Journal of Business Research, 20, 13–21.
34. Czepiel, J. A. (1990). Service encounters and service relationships: implications for research. Journal of Business Research, 20 (1), 13–21. doi: 10.1016/0148-2963(90)90038-f
35. Ghobadian, A., Speller, S., Jones, M. (1994). Service Quality Concepts and Models. International Journal of Quality & Reliability Management, 11 (9), 43–66. doi: 10.1108/02656719410074297
36. Edvardsson, B. (1998). Service Quality Improvement. Managing Service Quality: An International Journal, 8 (2), 142–149. doi: 10.1108/09604529810206972
37. Svensson, G. (2004). A customized construct of sequential service quality in service encounter chains: time, context, and performance threshold. Managing Service Quality: An International Journal, 14 (6), 468–475. doi: 10.1108/09604520410569801
38. Svensson, G. (2003). A Generic Conceptual Framework of Interactive Service Quality. Managing Service Quality: An International Journal, 13 (4), 267–275. doi: 10.1108/09604520310484680
39. Dabholkar, P. A., Shepherd, C. D., Thorpe, D. I. (2000). A Comprehensive framework for service quality: an investigation of critical conceptual and measurement issues through a longitudinal study. Journal of Retailing, 76 (2), 131–139. doi: 10.1016/S0022-4359(00)00029-4
40. Haksever, K., Render, B., Rassel, R., Merdik, R.; Kulibanova, V. (Ed.) (2002). Upravlenie i organizatsiya v sfere uslug. Second edition. SPb.: Piter, 752.
41. Mattsson, J. (1992). A service quality model based on ideal value standard. International Journal of Service Industry Management, 3 (3), 18–33. doi: 10.1108/09564239210015148
42. Vargo, S. L., Lusch, R. F. (2004). Evolving to a New Dominant Logic for Marketing. Journal of Marketing, 68 (1), 1–17. doi: 10.1509/jmkg.68.1.1.24036
43. Gentile, C., Spiller, N., Noci, G. (2007). How to Sustain the Customer Experience: An Overview of Experience Components that Co-create Value with the Customer. European Management Journal, 25 (5), 395–410. doi: 10.1016/j.emj.2007.08.005
44. SPSS software. Available at: [www.spss.com/home/up107.htm/17.10.2005/](http://www.spss.com/home/up107.htm/17.10.2005/)
45. Dahtijarevic-Siber, F. (1999). Human potential management. Zagreb: Golden Marketing Zagreb.
46. Pro porjadok nadannya poslug z timchasovogo rozmschennya (prozhivannya). Zatverdzheno postanovoyu KМУ vId 15.03.2006 r. No 297. Available at: [www.tourism.gov.ua](http://www.tourism.gov.ua)
47. Fedorov, R. G. (2013). Gostinichnyy biznes kak sostavlyayuschaya sovremennoy industrii turizma. Molodoy ucheniy, 4, 307–311.
48. Loyko, O. T. (2007). Turizm i gostinichnoe hozyaystvo: Uchebnoe posobie. Tomsk: Izd-vo TPU, 157.
49. DSTU 4527:2006. Derzhavnyi standart UkraYini. Poslugi turistichnI. Zasobi rozmschennya. TermIni ta viznachennya. Vidannya oftslyne. Rozrobleno DerzhTURadmInstratsIeyu spIlno z DP NDI «Sistema», LvIv (2006). Vvedeno v dIyu z 01.10.2006. Kiev: Derzhspozhivstandart UkraYini, 28.
50. Baylik, S. (2006). Gostinichnoe hozyaystvo. Organizatsiya, upravlenie, obsluzhivanie. Ucheb. Posobie. Second edition. Kiev: Dakor, 288.
51. Musakin, A. (2007). Malyiy otel: s chego nachat, kak preuspit. Sovetyi vladeltsam i upravlyayuschim. SPb.: Piter, 320.
52. Gotell ta InshI mIstsya dlya korotkotermInovogo prozhivannya OdeskoYi oblastI (statistichniy zbIrnik) (2007). Odesa: Golovne upravlnnya statistiki v Odeskly oblastI, 73.

*Дата надходження рукопису 27.12.2014*

**Левыкин Виктор Макарович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, кафедра информационных управляющих систем, Харьковский национальный институт радиоэлектроники, пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: [iyc@kture.kharkov.ua](mailto:iyc@kture.kharkov.ua)

**Дэвон Валерия Викторовна**, кафедра информационных управляющих систем, Харьковский национальный институт радиоэлектроники, пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166

E-mail: [iyc@kture.kharkov.ua](mailto:iyc@kture.kharkov.ua)

УДК 661.811

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.36155

## УДАЛЕНИЕ ВОДЫ ИЗ СЛАБОПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ТВЁРДЫМИ АДСОРБЕНТАМИ

©А. Н. Бутенко, И. М. Рыщенко, Н. А. Блинков

*Применение альтернативных оксигенатных топлив вместо бензинового топлива может дать целый ряд преимуществ для двигателя, однако этому препятствует также ряд недостатков. Разрабатываются методы, задачей которым ставится устранение вышеуказанных недостатков. Известно, что оксигенатные топлива являются продуктами гидролиза растительных производств, и поэтому их можно применять как альтернативное топливо. Рассматриваются особенности обезвоживания низкополярных жидкостей*

**Ключевые слова:** топливо, этанол, гидролиз, температура, обезвоживание, двигатель, теплота сгорания, органические жидкости, расслаивание, бензин

*The use of alternative oxygenate fuels instead of gasoline fuel can produce a number of benefits for the engine, but it also prevents a number of disadvantages. The methods for removal of these disadvantages are developed. It is known that the oxygenate fuels are products of hydrolysis of plant production, and can therefore be used as an alternative fuel. The features of dehydration low-polarity liquids are considered*

**Keywords:** fuel, ethanol, hydrolysis, temperature, dehydration, engine, combustion heat, organic liquids, delamination, gasoline

### 1. Введение

В настоящее время технология получения топлива для двигателей внутреннего сгорания предусматривает переработку природных ископаемых, прежде всего – нефти, мировые запасы которой ограничены и с каждым годом истощаются. В связи с этим усилия многих учёных и технологов направлены на частичную или полную замену невозобновляемых сырьевых источников топлива на альтернативные, то есть возобновляемые [1].

Наряду с традиционными моторными топливами: бензином, природным газом, в качестве альтернативных наиболее широко используются низкомолекулярные алифатические спирты – метанол и этанол, то есть так называемые оксигенатные топлива, содержащиеся в своем составе наряду с углеводородным топливом (бензином, дизельным топливом) различные количества кислородсодержащих добавок. В качестве последних в автомобильных бензинах помимо спиртов используют, также и простые эфиры (метилтретбутиловый эфир, метилтретаминный, и ряд других) [2].

В связи с низкой температурой кипения большинства эфиров применение их в чистом виде не практикуется, а происходит, главным образом, их смешивание с традиционным бензином, в котором они, как правило, хорошо растворимы, или же с биоэтанолом, в котором они также хорошо растворимы. В связи с этим в качестве полной замены ископаемого топлива чаще всего применяют спирты, главным образом, биоэтанол. Однако использование при этом чистых компонентов является слишком нерентабельным [3].

### 2. Постановка проблемы

В данной работе сделана попытка получения биотоплива из отходов производства, лекарственных препаратов. Причиной того, что из большого числа алифатических спиртов в качестве моторных топлив нашли применение только метанол и этанол. Благоприятными факторами для их применения являются значительные объёмы их производства, составляющие десятки миллионов тонн, а также высокими антидетонационные качества. В связи с этим открывается широкая возможность экономии нефтяных ресурсов в результате их производства и применения. Также использование спиртов даёт весьма определённые и немаловажные преимущества перед традиционными нефтяными топливами в экологическом плане.

Так, метанол и этанол, обладая высокими антидетонационными качествами:

– дают возможность значительно повысить степень сжатия топлива в моторном цилиндре – до 12–14 раз, и как следствие, несмотря на меньшую энергоплотность (которая ниже примерно на 25 %) повысить потенциальную мощность двигателя:

– понизить удельный расход горючего на единицу мощности, что позволяет существенно повысить к. п. д двигателя, и уменьшить удельный расход энергии на единицу мощности;

– с учётом того, что температура сгорания спиртов существенно ниже, чем у традиционного бензина (не превышает 900 °С против 1300–1400 °С для бензина), значительно снизить содержание в отработанных газах оксидов азота, образующихся при температурах выше 1090 °С.

– благодаря наличию в молекулах спиртов кислорода уменьшается расход воздуха, необходимый для их сгорания (стехиометрическое соотношение топлива: воздух для бензина составляет 0,069; для этанола 0,111, а для метанола аж 0,155), и уже как следствие, намного улучшить сгорание и уменьшить выбросы угарного газа и сажи в атмосферу [4].

### 3. Анализ литературных данных

Литературные данные, в частности, рецензии современных журналов, посвящённых альтернативной энергетике, высоко оценивают перспективность применения альтернативных оксигенатных топлив. Высокие антидетонационные качества определяют преимущественное использование спиртов в двигателях внутреннего сгорания с принудительным искровым зажиганием. Основные мероприятия по переводу автомобилей на работу на чистых спиртах сводятся к увеличению вместимости топливного бака, увеличению степени сжатия двигателя до  $\epsilon=12-14$  с целью полного использования детонационной стойкости топлива и перерегулировки карбюратора на более высокие его расходы и большую степень обеднения смеси. Проведение всех вышеперечисленных мероприятий позволяет сделать высокоэффективным применение альтернативного оксигенатного топлива.

Основным недостатком, ограничивающим широкое применение спиртовых оксигенатных топлив является значительное ухудшение эксплуатационных характеристик горючего является наличие в них воды, в которой как метиловый, так и этиловый спирт способны смешиваться в любых отношениях неорганично. Однако если метанол можно полностью обезводить простой перегонкой, то водно-этанольная смесь при фракционной перегонке и атмосферном давлении образует азеотропную смесь, в которой объёмное содержание воды составляет 4,43 %.

Однако даже в таком объёмном содержании вода представляет существенную проблему для топлива, поскольку повышает и без того высокую энергию испарения этанола (что является одним из причин сложности запуска на холоду и необходимости добавок, улучшающих испарения этанола в странах с умеренным и холодным климатом) [5].

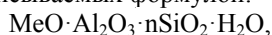
Так, спиртово-бензиновые смеси в случае применения спирта-ректификата расслаиваются уже при темпе-

ратуре в  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с учётом объёмной доли этанола-ректификата более 23 %. Абсолютный спирт (то есть спирт, практически не содержащий воду) не расслаивается в смеси со бензином в любых соотношениях [6].

Существует много способов обезвоживания указанных выше альтернативных видов топлива, однако они практически все предполагают проведение такой технологической операции, как перегонка, то есть разделение технического биоэтанола на присутствующие в нём компоненты (помимо воды и этанола, это также и эфиры). Однако в случае использования обезвоженного альтернативного топлива их наличие даже улучшает его технологические показатели, в сравнении с чистым биоэтанолом. Исходя из сказанного выше, в данной работе представлены результаты исследований, направленных, прежде всего, на практически полное обезвоживание технического биоэтанола. Анализ литературных данных свидетельствует об отсутствии энергетически выгодного решения данной проблемы с точки зрения необходимости значительных энергетических затрат.

#### 5. Метод обезвоживания альтернативного оксигенатного топлива с помощью твердофазного адсорбента

Известными методами получения абсолютного (практически не содержащего воды) этилового спирта является азеотропная ректификация и адсорбция на молекулярных ситах. Азеотропной ректификацией является применение бензола или циклогексана, которые образуют с этанолом новую азеотропную смесь, позволяющую выделить этанол из его смеси с водой. Адсорбция на молекулярных ситах предполагает применение молекулярных природных или искусственных цеолитов, микропористых тел, которые представляют собой кристаллические водные алюмосиликаты щелочных или щелочноземельных металлов (Na, K, Rb, Ca, Mg, Sr, Ba), описываемых формулой:



где Me – ион металлического элемента.

Недостатком вышеуказанных методов является сложность в производстве цеолитов с нужными размерами пор, а также быстрое снижение их эффективности со временем.

Другими методами обезвоживания оксигенатных топлив является диффузное испарение через мембрану, а также ректификация под вакуумом. Недостатками являются сложности, связанные с производством мембран. Для полной перегонки этанола с водой необходимо давление порядка 9,33 кПа, что требует применение вакуумных насосов. [7]

Общим же недостатком всех вышеперечисленных средств удаления воды является также и потеря эфиров, растворённых в биоэтаноле. Так, в процессе перегонки эфиры будут потеряны вследствие улетучивания, а их конденсация потребует применения холодильных установок вследствие их довольно низких температур кипения.

Следовательно, возникает актуальность разработки нового метода обезвоживания, который бы позволял не выбрасывать дополнительные полезные продукты, а также значительно усложнять процесс перегонки, вынуждая строить дополнительные ректифика-

ционные колонны. Для решения данной проблемы был разработан метод обезвоживания слабополярных органических жидкостей с помощью твердофазного адсорбента воды, образующего с ней кристаллогидрат, практически не подвергающийся гидролизу.

#### 4. Метод обезвоживания слабополярной органической жидкости с помощью твердофазных адсорбентов.

Применение сухого твердофазного адсорбента делает возможным удаление находящейся в ней воды практически до полного её связывания в кристаллогидрат (остаток не более 0,05 % по объёму), в связи с образованием перенасыщенного раствора вблизи адсорбента. Адсорбент, практически нерастворимый в спирту, будет незначительно растворяться только в водосодержащем слое вблизи него, и взаимодействовать с ним с образованием кристаллогидрата.

Необходимым свойством кристаллогидрата является его способность к регенерации – возможность при его термической обработке разлагаться, возвращаясь в безводное состояние, что позволяет отщеплять воду многократно, и таким образом, получать преимущества перед применением перегонки со смещением азеотропной точки или вакуума.

Таким образом, основное внимание при этом уделяли разработке состава твёрдого адсорбента – представителя неорганических веществ, который практически нерастворим в этаноле и в других сопутствующих ему примесях. Кроме того, такой адсорбент должен также обладать, желательно, хорошей адсорбцией к воде и в то же время, слабо растворяться в ней, так как последнее обстоятельство приводит к дополнительным материальным затратам, связанных с его регенерацией.

С другой стороны, он должен практически не подвергаться гидролизу, так как его продукты, в отличие от самого адсорбента, могут быть хорошо растворимы в спирте и содержащихся в нём компонентах. Исходя из вышеуказанного, на наш взгляд, этим требованиям в наибольшей мере удовлетворяет натрий гидроортофосфат. Действительно, растворимость его в воде даже при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  составляет 7,66 г на  $100\text{ см}^3$ , а при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  только 1,63 г на тот же объём растворителя в то время как 1 моль этого вещества способен связывать 12 моль воды. К этому еще надо добавить, что при более низких температурах скорость образования кристаллогидратов у всех способных к этому веществ повышается, о чём свидетельствуют энтальпии образования кристаллогидратов. При этом степень гидролиза адсорбента кислой соли становится близкой к нулю [8].

Таким образом, в описанных выше условиях количество взятого адсорбента будет расходоваться практически только на образование кристаллогидратов, то есть на получение технического этанола. Следовательно, при регенерации натрия гидроортофосфата подавляющая часть энергии будет затрачена, в основном, на разрушение кристаллогидрата, а не на выпаривание раствора с целью получения сухого адсорбента.

Исследование обезвоживания технического биоэтанола – побочного продукта при производстве глицерина, проводили с использованием магнитной мешалки

марки «Argentum 107» при скорости перемешивания 10 об/мин. Во всех опытах объём исследованной обезвоживаемой жидкости составил 100 см<sup>3</sup> при загрузке твёрдого адсорбента массой 35 г.

Температура при обезвоживании была в первом опыте равна 5 °С (278 К), во втором опыте равна стандартной и составила 25 °С (298 К).

Содержание воды в исследованиях определяли непрерывно методом кулонометрии по Карлу Фишеру. Полученные результаты представлены на рис. 1, 2.

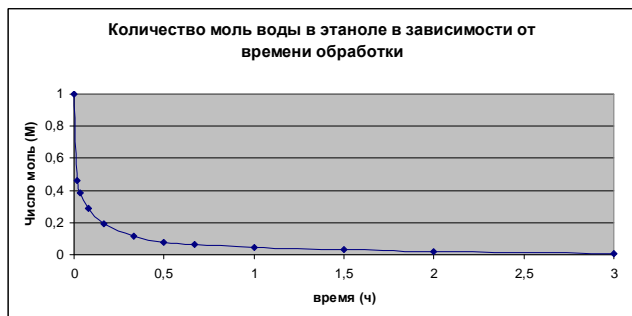


Рис. 1. Молярность водно-этанольной смеси по мере обработки гидрофосфатом натрия (температура обработки 5 °С)

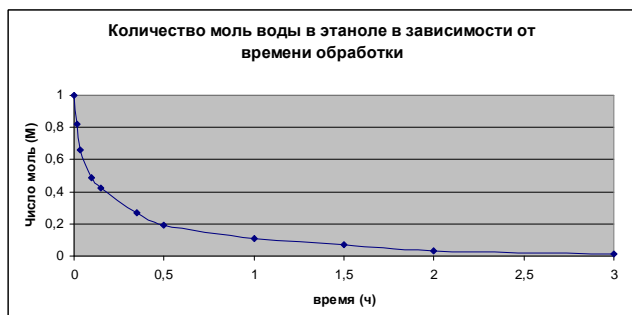


Рис. 2. Молярность водно-этанольной смеси по мере обработки гидрофосфатом натрия (температура обработки 25 °С)

Математическая обработка и усреднение полученных данных приведёт к такой общей зависимости  $\varphi$  от  $t$ :

$$\varphi(\text{H}_2\text{O}) = A + k \cdot e^{-x \cdot t},$$

где  $A$  – величина, зависящая от температуры проведения процесса,  $k$  – величина, зависящая от природы,  $x$  – сродство адсорбента к воде.

С учётом полученных данных указанных зависимостей, можно представить в результате таких конкретных значений.

$\varphi(\text{H}_2\text{O}) = 7,5 + 44,5 \cdot e^{-0,043}$ , коэффициент корреляции  $R = 0,995571$ .

## 5. Выводы

Результаты свидетельствуют, что действительно, скорости обезвоживания обводнённого технического биоэтанола возрастают при понижении температуры. Связано это с двумя причинами. Во-первых; поскольку образование кристаллогидратов является экзотермическим процессом, протекающим самопроизвольно, то понижение температуры дополнительно стимулирует образование кристаллогидратов. Во-вторых, ещё более важной причиной является то, что с понижением ско-

рости движения молекул облегчается формирование кристаллической решётки. В связи с этим, особенно при понижении температуры ниже 0 °С, резко облегчается образование кристаллогидратов из безводной соли, т. е. происходит повышение числа молей воды на 1 моль адсорбента, входящих в состав кристаллогидрата, что убедительно доказало на кристаллогидратах купрум (II) сульфата:  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  [9].

Так, известно, что меди (II) сульфат, один из наиболее известных твердофазных адсорбентов, способен образовывать последовательно кристаллогидраты состава  $\text{CuSO}_4$  с одной, тремя или пятью молекулами воды последовательно. Поскольку каждый кристаллогидрат имеет свой уникальный цвет (безводная соль серая, а кристаллогидраты имеют соответственно белый, голубой и насыщенно-синий цвета), это позволило установить механизм образования кристаллогидратов в зависимости от температуры. Аналогично происходят образования кристаллогидратов и иных твердофазных адсорбентов [10].

## Литература

- Lichtblau, J. MTBE issues include questions of all oxygenates mandates [Text] / J. Lichtblau et. al. // Oil and Gas. – 2004. – Vol. 22. – P. 18–24.
- Онойченко, С. Н. Применение оксигенатов при производстве перспективных автомобильных бензинов [Текст] / С. Н. Онойченко. – М., «Техника», 2003. – 64 с.
- Кемпен, В. Х. Использование спиртов в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Нефть, газ и нефтехимия за рубежом [Текст] / Х. В. Кемпин // Тем. Обзор ЦНИИТЭНефтехим. – 2002. – № 2. – С. 34.
- Путилов, А. В. Современное состояние и перспективы использования спиртосодержащих моторных топлив [Текст] / А. В. Путилов. – Отчёт по НИР. М.: Центр компьютерного моделирования, 2005. – С. 56–59.
- Лapidус, А. Л. Альтернативные моторные топлива. Учебное пособие. [Текст] / А. Л. Лapidус, И. Ф. Крылов, Ф. Г. Жагфаров, В. Е. Емельянов. – Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина. – Центр ЛитНефтеГаз. М., 2008. – С. 84–88.
- Баранник, В. П. Этиловый спирт в моторном топливе. [Текст] / В. П. Баранник, В. Е. Емельянов, В. В. Макаров, С. И. Онойченко, А. А. Петрыкин, А. В. Шамонина; под ред. В. В. Макарова. – М., 2005. – 92 с.
- Брунштейн, Б. А. Производство спиртов из нефтяного и газового сырья. [Текст] / Б. А. Брунштейн, В. Л. Клименко, Е. Б. Цыркин. – СПб, «Недра», 2004. – 136 с.
- Лидин, Р. А. Химические свойства неорганических веществ. Учебное пособие для ВУЗов [Текст] / Р. А. Лидин, В. А. Молочко, Л. Л. Андреева; 3-е издание, испр. – М. Химия, 2000. – 480 с.
- Куликов, А. Б. Синтез и свойства гидрокосульфатов меди, меди-никеля и меди-кобальта [Текст] : автор. дис. ... канд. хим. наук. / А. Б. Куликов. – М, Российский университет дружбы народов, 2004. – 14 с.
- Проскурина, О. В. Исследование открытых фазовых процессов в четырёхкомпонентной водно-солевой системе, содержащей сульфаты магния, никеля и цинка при 25 °С [Текст] : автор. дис. ... канд. хим. наук / О. В. Проскурина. – СПб, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (СПбгТИ), 2001. – 6 с.

## References

- Lichtblau, J. et. al. (2004). MTBE issues include questions of all oxygenates mandates. Oil and Gas, 22, 18–24.

2. Onoichenko, S. A. (2003). Primeneniye oksigenatov pri proizvodstve perspektivnykh avtomobilnykh benzinov. Moscow, Tehtika, 64.

3. Kempen, V. X. (2002). Ispolzovaniye spirtov v kazhestve topliva dlya dvigateley vnutrennego zhoraniya. Neft', gaz i neftechimiya za rubezhom, 34.

4. Putilov, A. V. (2005). Sovremennoye sostiyanie i perspektivu ispol'zovaniya spirtovykh motorlykh topliv'. Otchet po NIR. Moscow, Computer Model Center, 56–59.

5. Lapidus, A. L., Kryliv, I. F., Zagfarov, F. G., Emel'yanov, V. T. (2008). Al'ternativnyie motorniye topliva. Uchebnoye posobiye. Russian State Oil and Gas University named by Gubkin. ZentrLitNefreGas, 84–88.

6. Barannik, V. P., Emel'yanov, V. E., Makarov, V. V., Onoichenko, S. I., Petrukin, A. A., Shamonina, A. V. (2005).

Etilovui spirt v motornom toplive. Pod' redakziyei doktora nauk V. V. Makarova. Moscow, 92.

7. Braunstein, B. A., Klimenko, V. L., Zerkin, E. B. (2004). Proizvodstvo spirtov iz neftyanogo i gazovogo sur'ya. Nedra, Saint-Petersburg, 136.

8. Lidin, R. A., Molotshko, V. A., Andreeva, L. L. (2000). Spravochnik po neorganicheskoy khimii, konstanty neorganicheskyykh veshstv. Moscow, Chemistry, 480.

9. Kulikov, A. B. (2004). Sintez i svoystva gidroksosul'fatov' medi, medi-nickelya i medi-kobalta. Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, 14.

10. Proskurina, O. V. (2001). Issledovaniye otkrytykh phasovux prozessov v chetyriokomponentnoy' vodno-solevoy sisteme, sodershashey sulphaty magniya, nichelya i zunka pri 25 °C. St. Petersburg, Saint Petersburg State Institute of Technology, 6.

*Дата надходження рукопису 25.12.2014*

**Блинков Николай Андреевич**, аспирант, кафедра общей и неорганической химии. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61000  
E-mail: nikolayblinkov@yahoo.com

**Бутенко Анатолий Николаевич**, доктор технических наук, профессор, кафедра общей и неорганической химии, Национальный технический институт «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61000

**Рыщенко Игорь Михайлович**, доктор технических наук, профессор, кафедра общей и неорганической химии, Национальный технический институт «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61000

UDC: 621.373.826

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.36233

## PHOTONIC-CRYSTAL FIBERS GYROSCOPE

©Haider Ali Muse

*In this paper we proposed to use of a photonic crystal fiber with an inner hollow defect. The use of such fibers is not affected by a material medium on the propagation of optical radiation. Photonic crystal fibers present special properties and capabilities that lead to an outstanding potential for sensing applications*

**Keyword:** fiber optical gyroscope, photonic crystal fiber, Sagnac effect

*В этой статье мы предложили использовать оптоволокно на фотонных кристаллах с дефектом внутренней полости. На использование таких волокон не воздействует материальное средство на распространении оптической радиации. Фотонные кристаллы обладают специальными свойствами и возможностями, которые приводят к огромному потенциалу для приложений зондирования*

**Ключевые слова:** оптический гироскоп, оптоволокно на фотонных кристаллах, эффект Саньяка

### 1. Introduction

It is generally recognized as promising fiber optic gyroscopes (FOG) for the control and navigation systems, moving objects of various kinds (ground transportation, ships, aircraft, etc.). At the same time demand are (fiber optical gyroscope) in a wide range of characteristics of accuracy – 10.0 deg/h to 0, 001 deg/hr. In Russia, the leader in the production of a number of FOG accuracy class 10,0–1,0 deg /hr is LLC "Physoptic". However, there is a gap from the foreign level in FOG navigational accuracy class (0.01–0.001 deg/hr).

Performance characteristics of fiber-optic gyroscope. Increased accuracy is largely dependent on the characteristics of its basic elements and features of its assembly techniques. Thus, the development of fiber-optic gyroscope and methods of its production is an urgent task. A large number

of parameters and events affect the phase of the optical radiation, which provide additional phase shifts not associated with the rotation of the interferometer. Therefore, the main problem discussed in this paper is related to the appearance of additional signals at the output of a fiber ring interferometer identical, but are not associated with rotation. Since the high pressure sensitivity join with temperature insensitivity makes this sensor suitable to work in a harsh environment such as the ocean bottom [1]. The diversity of unusual features of photonic crystal fibers, beyond what conventional fibers can offer, leads to an increase of possibilities for new and improved sensors. There is a huge interest of the scientific community in this original technology for applications in a variety of fields. The aim of this work was to conduct theoretical studies of the conditions of use of photonic crystal fiber (PCF) as a part of the