

# Химия и технология топлив и масел

## 6(616)'2019

Научно-технический журнал  
Издается с 1956 года  
Выходит один раз в два месяца

Свидетельство о регистрации  
№ 01441.  
Выдано 4 августа 1992 г.  
Министерством печати  
и информации  
Российской Федерации

Издатель —  
Международный центр науки и технологий  
«ТУМА ГРУПП»

Издается в США фирмой  
«Springer Science + Business Media, Inc.»

Английская версия включена в ведущие  
мировые реферативные базы данных

Главный редактор

**Б. П. Туманян** – д.т.н., проф.

Редакционная коллегия

**А. И. Владимиров** – к.т.н., проф.

**С. Н. Волгин** – д.т.н., проф.

**И. Б. Грудников** – д.т.н., проф.

**И. П. Карлин** – д.х.н., проф.

**В. Л. Лашхи** – д.т.н., проф.

**А. Лукса** – д.т.н., проф. (Польша)

**А. М. Мазгаров** – д.т.н., проф.

**В. А. Рябов** – Генеральный  
директор Ассоциации  
нефтепереработчиков России

**Е. П. Серегин** – д.т.н., проф.

Издается в Российском  
государственном университете  
нефти и газа им. И. М. Губкина

Включен в перечень изданий  
Высшей аттестационной комиссии  
Министерства образования  
и науки РФ

## Содержание

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ.

#### Альтернативное сырье

- М. С. Котелев, С. Н. Бабаев, М. С. Власкин,* 3  
*К. М. Мазурова, Д. А. Петрова, Е. В. Иванов.*  
Влияние условий гидротермального сжижения биомассы  
на фракционный состав и физические свойства получаемой бионефти

### КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ

- М. В. Куликова, М. В. Чудакова, О. С. Дементьева.* 6  
Влияние режимных параметров пилотной установки  
высокотемпературного трехфазного синтеза Фишера — Тропша  
на основные показатели процесса

- А. Е. Кузьмин, М. В. Куликова, О. Б. Чупичев, А. И. Шамсуллин.* 12  
Особенности эжектирования газа в барботажной колонне  
для синтеза Фишера — Тропша с наноразмерными  
супердисперсионными катализаторами

- М. И. Афокин, Е. М. Смирнова, А. В. Старожицкая,* 18  
*П. А. Гущин, А. П. Готов, А. Л. Максимов.*  
Исследование галлуазита в качестве компонента цеолитных катализаторов  
конверсии диметилового эфира в углеводороды

### ХИММОТОЛОГИЯ

- Б. П. Тонконогов, А. Ю. Киякова, Н. Д. Стенина, О. В. Попова,* 23  
*Р. З. Сафиева, В. А. Винокуров, С. Н. Горбачева, С. О. Ильин.*  
Влияние природы загустителя на свойства полимочевинных  
смазочных композиций на основе сложных эфиров

- М. М. Фролов, А. Ю. Киякова, Л. Дрангай, Н. Дёрр.* 28  
Улучшение триботехнических свойств полимочевинных смазок  
на разных дисперсионных средах с применением  
различных наполнителей

### ТЕХНОЛОГИЯ

- Л. А. Гуляева, М. М. Лобашова, Т. Н. Митусова,* 32  
*О. И., Шмелькова, В. А. Хавкин, П. А. Никульшин.*  
Получение низкосернистого судового топлива

### ИССЛЕДОВАНИЯ

- Цао Бо, С. Н. Челинцев.* 37  
Влияние микроволновой обработки  
товарной тяжелой нефти на ее текучесть

- П. А. Никульшин, М. А. Ершов, Е. В. Григорьева,* 42  
*С. В. Таразанов, С. Н. Кузнецова, О. В. Репина.*  
Производные фурфурола в качестве компонентов топлив

- О. В. Репина, С. В. Таразанов, М. А. Титаренко,* 46  
*П. А. Никульшин, М. М. Лобашова, Е. В. Григорьева.*  
Композиции ацеталей фурфурола как комплексная добавка  
к дизельным топливам

### ОБЗОРЫ

- Д. Д. Бухалкин, А. П. Семенов, А. А. Новиков, Р. И. Мендгазиев,* 51  
*А. С. Стопорев, П. А. Гущин, Д. Г. Щукин.*  
Фазово-переходные материалы в энергетике:  
современное состояние исследований и перспективы применения

# Chemistry and Technology of Fuels and Oils

## 6<sup>(616)</sup>'2019

Head Editor

**B. P. Tumanyan** – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

**A. I. Vladimirov** – Cand. Eng. Sci., prof.

**S. N. Volgin** – Dr. Eng. Sci., prof.

**I. B. Grudnikov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**I. P. Karlin** – Dr. Chem. Sci., prof.

**V. L. Lashkhi** – Dr. Eng. Sci., prof.

**A. Luksa** – Dr. Eng. Sci., prof. (Poland)

**A. M. Mazgarov** – Dr. Eng. Sci., prof.

**V. A. Ryabov** – Director General of the Oil Refiners and Petrochemists Association

**E. P. Seregin** – Dr. Eng. Sci., prof.

Publisher— ICST «TUMA Group» LLC

Редактор

**В. С. Дмитриева**

Ответственный секретарь

**О. В. Любименко**

Графика и верстка

**В. В. Земсков**

Подготовка материалов

**С. О. Бороздин,**

**А. Д. Остудин**

Адрес редакции:

119991, ГСП-1, Москва, В-296,  
Ленинский просп., 65. РГУ нефти и газа  
им. И. М. Губкина, редакция «ХТТМ»

Телефон/факс: (499) 507-80-45

e-mail: [htm@list.ru](mailto:htm@list.ru)

Материалы авторов не возвращаются.

Редакция не несет ответственности  
за достоверность информации  
в материалах, в том числе  
рекламных, предоставленных  
авторами для публикации.

Формат 60 × 84 1/8.

Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в ООО ИПФ «СТРИНГ»  
424006, Республика Марий Эл,  
г. Йошкар-Ола, ул. Строителей, 95

## Contents

### CURRENT PROBLEMS.

#### Alternative Feedstock

- M. S. Kotelev, S. N. Babaev, M. S. Vlaskin, K. M. Mazurova, D. A. Petrova, E. V. Ivanov.* The Effect of Hydrothermal Liquefaction Conditions on Fractional Composition and Physical Properties of the Resulting Bio Crude Oil 3

### KINETICS AND CATALYSIS

- M. V. Kulikova, M. V. Chudakova Maria, O. S. Dementyeva.* Influence of Pilot Plant Behavior Mode to the Main Process Indicators of High-Temperature Three-Phase Fischer – Tropsh Synthesis 6

- A. E. Kuz'min, M. V. Kulikova, O. B. Chupichev, A. I. Shamsullin.* Peculiarities of Gas Ejection in the Bubble Column for the Fischer – Tropsh Synthesis with Nanosized Slurry Catalysts 12

- M. I. Afokin, E. M. Smirnova, A. V. Starozhitskaya, P. A. Gushchin, A. P. Glotov, A. L. Maximov.* Study of Halloysite as a Component of Zeolite Catalysts for Dimethyl Ether to Hydrocarbons Conversion 18

### CHEMMOTOLOGY

- B. P. Tonkonogov, A. Y. Kilyakova, N. D. Stenina, O. V. Popova, R. Z. Safieva, V. A. Vinokurov, S. N. Gorbacheva, S. O. Ilyin.* Effect of Thickener Nature on the Properties of Polyurea Ester-Based Greases 23

- M. M. Frolov, A. Yu. Kilyakova, L. Drangai, N. Dorr.* Improving of Tribotechnical Properties of Polyurea Greases Based on Different Dispersion Media with Different Fillers 28

### TECHNOLOGIES

- L. A. Gulyaeva, M. M., Lobashova, T. N. Mitsova, O. I. Shmel'kova, V. A. Khavkin, P. A. Nikulshin.* Production of Low-Sulfur Marine Fuel 32

### RESEARCH

- Cao Bo, S. N. Chelintsev.* Influence of Microwave Processing of Heavy Stock Oil on Oil Fluidity 37

- P. A. Nikulshin, M. A. Ershov, E. V. Grigoreva, S. V. Tarazanov, S. N. Kuznetsova, O. V. Repina.* Furfural Derivatives as Fuel Components 42

- O. V. Repina, S. V. Tarazanov, M. A. Titarenko, P. A. Nikulshin, M. M. Lobashova, E. V. Grigoreva.* Furfural Acetal Compositions as an Complex Additive to Diesel Fuels 46

### REVIEWS

- D. D. Bukhalkin, A. P. Semenov, A. A. Novikov, R. I. Mendgaziev, A. S. Stoporev, P. A. Gushchin, D. G. Shchukin.* Phase Change Materials in the Energy Sector: Current State of Research And Application Prospects 51

*М. С. Котелев<sup>1</sup>, С. Н. Бабаев<sup>1</sup>, М. С. Власкин<sup>2</sup>, К. М. Мазурова<sup>1</sup>, Д. А. Петрова<sup>1,3</sup>, Е. В. Иванов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

<sup>2</sup>Объединенный институт высоких температур РАН,

<sup>3</sup>МГУ имени М. В. Ломоносова

kain@inbox.ru

### **Влияние условий гидротермального сжижения биомассы на фракционный состав и физические свойства получаемой бионефти**

*Исследовано влияние двух типов катализаторов и соотношения катализатор/сырье на фракционный состав и основные физические свойства бионефти. В качестве сырья была использована биомасса микроводорослей *Chlorella*. В качестве катализатора были применены: цеолит ZSM-5 в H-форме и  $ZrO_2/Al_2O_3$  в сульфатированной форме. Показано, что увеличение загрузки катализатора положительно влияет на содержание бензиновой и дизельной фракции в составе бионефти, а также заметно снижает ее плотность, вязкость и в незначительной степени способствует снижению содержания общей серы.*

**Ключевые слова:** бионефть, гидротермальное сжижение, биомасса микроводорослей, гетерогенный катализ.

*M. S. Kotelev<sup>1</sup>, S. N. Babaev<sup>1</sup>, M. S. Vlaskin<sup>2</sup>, K. M. Mazurova<sup>1</sup>, D. A. Petrova<sup>1,3</sup>, E. V. Ivanov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),

<sup>2</sup>Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences,

<sup>3</sup>Lomonosov Moscow State University

### **The Effect of Hydrothermal Liquefaction Conditions on Fractional Composition and Physical Properties of the Resulting Bio Crude Oil**

*The effect of two types of catalysts and the ratio "catalyst / feedstock" on the fractional composition and basic physical properties of bio crude oil was investigated. *Chlorella* microalgae biomass was used as raw material. Zeolite ZSM-5 in the H-form and  $ZrO_2 / Al_2O_3$  in the sulfated form were used as catalyst. It has been shown that an increase in catalyst loading has a positive effect on the content of gasoline and diesel fractions in bio crude oil, significantly reduces its density, viscosity, and slightly reduces the total sulfur content.*

**Key words:** bio crude oil, hydrothermal liquefaction, microalgae biomass, heterogeneous catalysis.

*М. В. Куликова, М. В. Чудакова, О. С. Дементьева*

Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН

m\_kulikova@ips.ac.ru

### **Влияние режимных параметров пилотной установки высокотемпературного трехфазного синтеза Фишера — Тропша на основные показатели процесса**

*Продемонстрирована принципиальная возможность проведения высокотемпературного трехфазного синтеза Фишера — Тропша, который осуществляется в присутствии железосодержащих каталитических дисперсий в барботажном реакторе колонного типа. Активация каталитической системы при этом проводится *in situ* в токе оксида углерода. Установлено, что размер частиц железосодержащей дисперсии, используемой в качестве катализатора указанного процесса, зависит от способа введения раствора*

прекурсора, однако во всех случаях не превышает 50 нм. Установлено, что описанный метод проведения трехфазного высокотемпературного синтеза Фишера — Тропша дает возможность достигнуть высоких показателей процесса: выход по целевым продуктам до 138 г/м<sup>3</sup> при селективности их образования 90%. Свойства разработанного катализатора дают возможность работать длительное время при высоких конверсиях без снижения селективности процесса.

**Ключевые слова:** синтез Фишера — Тропша, суспензия, каталитические дисперсии, пилотная установка

*M. V. Kulikova, M. V. Chudakova Maria, O. S. Dementyeva.*

A. V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Russian Academy of Sciences

### **Influence of Pilot Plant Behavior Mode to the Main Process Indicators of High-Temperature Three-Phase Fischer — Tropsh Synthesis**

*The principal possibility of high-temperature three-phase Fischer-Tropsch synthesis, which is carried out in the presence of iron-containing catalytic dispersions in a column type bubbler reactor, is demonstrated. The activation of the catalytic system is carried out in situ in a CO stream. It was found that the particle size of the iron-containing dispersion used as a catalyst for this process depends on the method of introducing the precursor solution, but in all cases it does not exceed 50 nm. It is established that the described method for conducting three-phase high-temperature Fischer-Tropsch synthesis makes it possible to achieve high process performance: yield for target products up to 138 g/m<sup>3</sup> with a selectivity of its formation of 90%. The properties of the developed catalyst make it possible to work for a long time at high conversions without reducing the selectivity of the process.*

**Key words:** Fischer — Tropsch synthesis, suspension, catalytic dispersion, pilot plant.

*A. E. Кузьмин<sup>1</sup>, М. В. Куликова<sup>1</sup>, О. Б. Чупичев<sup>1</sup>, А. И. Шамсуллин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН,

<sup>2</sup>ПАО «Татнефть»

kuzmin@ips.ac.ru

### **Особенности эжектирования газа в барботажной колонне для синтеза**

#### **Фишера — Тропша с наноразмерными суспендированными катализаторами**

*Впервые изучены особенности функционирования газожидкостного эжектора, могущие проявляться в трехфазном суспензионном синтезе Фишера — Тропша, использующем катализаторы с наноразмерными частицами. Для модельной барботажной установки, конструкционно воспроизводящей пилотный реактор вышеуказанного процесса, показана возможность одновременного выполнения эжектором как функций газового диспергатора колонны (при наличии дополнительных газораспределительных устройств или же без таковых), так и устройства, обеспечивающего принудительную циркуляцию жидкой среды в контуре установки в целом. Достигнут режим сверхзвукового эжектирования газа и оценено его влияние на характер барботажа.*

**Ключевые слова:** эжектор, барботажный реактор, циркуляция суспензии, диспергирование газа.

*A. E. Kuz'min<sup>1</sup>, M. V. Kulikova<sup>1</sup>, O. B. Chupichev<sup>1</sup>, A. I. Shamsullin<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>A. V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Russian Academy of Sciences,

<sup>2</sup>Tatneft JSC

## **Peculiarities of Gas Ejection in the Bubble Column for the Fischer – Tropsch Synthesis with Nanosized Slurry Catalysts**

*A possible role of the gas-liquid ejector as a gas distributor for the slurry Fischer-Tropsch bubble column reactor using nanoscale catalyst particles was first studied. Using the full-size model of the pilot-scale reactor, the possibility of simultaneous gas bubble flow generation together with forced liquid medium circulation through the bubble column and the recirculation line of the reactor was demonstrated. The supersonic gas ejection mode was reached and its effect on the explicit bubbling mode was discussed.*

**Key words:** *ejector, bubble column reactor, slurry circulation, gas distribution.*

*М. И. Афокин<sup>1</sup>, Е. М. Смирнова<sup>2</sup>, А. В. Старожицкая<sup>1</sup>, П. А. Гуцин<sup>2,3</sup>, А. П. Глотов<sup>2,3</sup>, А. Л. Максимов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина,

<sup>3</sup>НП «Технопарк Губкинского университета»

glotov.a@gubkin.ru

## **Исследование галлуазита в качестве компонента цеолитных катализаторов конверсии диметилового эфира в углеводороды**

*Исследованы текстурные и кислотные свойства цеолитных катализаторов HZSM-5 с применением в качестве связующего компонента Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и алюмосиликатных нанотрубок галлуазита. Изучена стабильность и каталитическая активность образцов в реакции конверсии диметилового эфира в углеводороды. Показано, что в сравнении Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> применение галлуазита приводит к перераспределению продуктов в сторону образования углеводородов C<sub>5</sub>–C<sub>8</sub>.*

**Ключевые слова:** галлуазит, диметиловый эфир, синтез углеводородов, HZSM-5.

*М. И. Afokin<sup>1</sup>, Е. М. Smirnova<sup>2</sup>, А. В. Starozhitskaya<sup>1</sup>, P. A. Gushchin<sup>2,3</sup>, А. P. Glotov<sup>2,3</sup>, А. L. Maximov<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>A.V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Russian Academy of Sciences,

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas,

<sup>3</sup>Non-commercial partnership «Technopark of Gubkin University»

## **Study of Halloysite as a Component of Zeolite Catalysts for Dimethyl Ether to Hydrocarbons Conversion**

*The textural and acid properties of HZSM-5 zeolite catalysts were studied using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and halloysite as a binders. The stability and catalytic activity of the samples in the conversion of dimethyl ether to lower olefins was studied. It was shown that, in comparison with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, the use of halloysite leads to a redistribution of products towards the formation of C<sub>5</sub>–C<sub>8</sub> hydrocarbons.*

**Key words:** *halloysite, dimethyl ether, hydrocarbon synthesis, HZSM-5.*

*Б. П. Тонконогов<sup>1</sup>, А. Ю. Килякова<sup>1</sup>, Н. Д. Стенина<sup>1,2</sup>, О. В. Попова<sup>1</sup>,*

*Р. З. Сафиева<sup>1,2</sup>, В. А. Винокуров<sup>1</sup>, С. Н. Горбачева<sup>3</sup>, С. О. Ильин<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

<sup>2</sup>НП Технопарк Губкинский университет

<sup>3</sup>Институт нефтехимического синтеза им. А. В. Топчиева РАН

anakil@yandex.ru

### **Влияние природы загустителя на свойства полимочевинных смазочных композиций на основе сложных эфиров**

*Синтезированы полимочевинные смазочные композиции, имеющие условно две и четыре мочевиные группы на молекулу загустителя полимочевины, в присутствии второго биоразлагаемого загустителя (наноцеллюлозы, цетарилового спирта). Оценены такие свойства, как температура каплепадения, пенетрация, коллоидная стабильность, реологические, трибологические и противоизносные свойства. Установлено, что свойства смазочных композиций меняются в зависимости от количества мочевиных групп на молекулу полимочевины и содержания второго биоразлагаемого загустителя. Смазочные композиции на основе тетрамолекулы обладают меньшей вязкостью, лучшими трибологическими и противоизносными свойствами независимо от содержания наноцеллюлозы, что подтверждает решающее влияние структуры мочевиного загустителя на свойства смазочных композиций.*

**Ключевые слова:** полимочевина, смазочные композиции, наноцеллюлоза, олеогели, сложноэфирная основа, трибологические свойства, реологические свойства.

*B. P. Tonkonogov<sup>1</sup>, A. Y. Kilyakova<sup>1</sup>, N. D. Stenina<sup>1,2</sup>, O. V. Popova<sup>1</sup>, R. Z. Safieva<sup>1,2</sup>, V. A. Vinokurov<sup>1</sup>, S. N. Gorbacheva<sup>3</sup>, S. O. Ilyin<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas

<sup>2</sup>Non-commercial partnership «Technopark of Gubkin University»

<sup>3</sup>A. V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, Russian Academy of Sciences

### **Effect of Thickener Nature on the Properties of Polyurea Ester-Based Greases**

*In this study, polyurea lubricant compositions were synthesized. They had conditionally two and four urea groups per molecule of a polyurea thickener and were synthesized including in the presence of a second biodegradable thickener (nanocellulose or cetaryl alcohol). Such properties as dropping point, penetration grade and oil separation as well as rheological, tribological and antiwear properties were evaluated. It is established that the properties of lubricating compositions vary depending on the number of urea groups per polyurea molecule and the content of the second biodegradable thickener. Tetraurea-based greases exhibit lower viscosity, better tribological and anti-wear properties regardless of the nanocellulose content, which shows the decisive influence of the polyurea structure on the properties of the greases.*

**Key words:** polyureas, lubricating greases, nanocellulose, oleogels, ester oil, tribology, rheology.

*M. M. Фролов<sup>1</sup>, А. Ю. Килякова<sup>1</sup>, Л. Дрангай<sup>2</sup>, Н. Дёрр<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

<sup>2</sup>Австрийский компетентный трибологический центр, г. Винер-Нойштадт, Австрия

frolov\_mark@mail.ru

## **Улучшение триботехнических свойств полимочевинных смазок на разных дисперсионных средах с применением различных наполнителей**

*В работе рассмотрены свойства наполнителей для пластичных смазок, таких как, дисульфид молибдена, дисульфид вольфрама и графит. Изучено их влияние на триботехнические свойства полимочевинных пластичных смазок, приготовленных на различных дисперсионных средах, с помощью трибометра Бруггера, в соответствии со стандартом DIN 51347-1:2000-0 и трибометра SRV-3 в соответствии со стандартом ASTM D5707.*

**Ключевые слова:** пластичные смазки, полимочевинные смазки, добавки к смазкам, наполнители, дисульфид молибдена, графит, дисульфид вольфрама, трибологические свойства смазок.

*M. M. Frolov<sup>1</sup>, A. Yu. Kilyakova<sup>1</sup>, L. Drangai<sup>2</sup>, N. Dorr<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

<sup>2</sup>AC2T research GmbH, Wiener Neustadt, Austria,

## **Improving of Tribotechnical Properties of Polyurea Greases**

### **Based on Different Dispersion Media with Different Fillers**

*This work describes the properties of the fillers in lubricating greases, such as molybdenum disulfide, tungsten disulfide and graphite. Their influence on the tribotechnical properties of polyurea grease, enhanced with various dispersion media, was studied using the Brugger tribometer in accordance with DIN 513471: 20000, SRV-3 tribometer in accordance with ASTM D5707.*

**Key words:** greases, polyuria grease, solid additives, fillers, molybdenum disulfide, graphite, tungsten disulfide, tribological properties of greases.

*Л. А. Гуляева, М. М. Лобашиова, Т. Н. Митусова, О. И., Шмелькова, В. А. Хавкин, П. А. Никульшин*

АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти»,

gulyaeva@vniinp.ru

## **Получение низкосернистого судового топлива**

*Представлены результаты испытания системы катализаторов, разработанной для деме­таллизации и обессеривания смеси вакуумного газойля и тяжелого газойля коксования при давлении 6 МПа, температуре 360–370°C и объемной скорости подачи сырья 1 ч<sup>-1</sup> с получением продукта, содержащего 0,05% мас. серы. Разработан состав судового топлива марки RMB 30 с вовлечением дистиллятных фракций вторичных процессов и депрессорно-диспергирующей присадки для доведения температуры текучести до требований ГОСТ 32510–2013.*

**Ключевые слова:** вакуумный газойль, тяжелый газойль коксования, деме­таллизация, гидрообессеривание, депрессорно-диспергирующая присадка, низкосернистое судовое топливо.

*L. A. Gulyaeva, M. M., Lobashova, T. N. Mitusova, O. I. Shmel'kova, V. A. Khavkin, P. A. Nikulshin,*

All-Russian Research Institute of Oil Refining JSC

## **Production of Low-Sulfur Marine Fuel**

*Results of testing of catalyst developed for demetallization and desulfurization of vacuum gasoil and heavy coking gasoil mixture at 6 MPa hydrogen pressure, 360–370°C temperature, 1 h<sup>-1</sup> liquid hourly space velocity (LHSV) to obtain a product containing sulfur less 0.05% wt. are presented. The composition of RMB 30 marine fuel with the involvement of distillate fractions of secondary processes and depressor-dispersing additive to bring the flow temperature to the requirements of GOST 32510-2013 was developed.*

**Key words:** vacuum gasoil, heavy coking gasoil, demetallization, desulfurization, depressor-dispersing additive, low-sulfur marine fuel.

**Цао Бо<sup>1</sup>, С. Н. Челинцев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Сианьский нефтяной университет, Китай,

<sup>2</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

caobo@xsyu.edu.cn

### **Влияние микроволновой обработки товарной тяжелой нефти на ее текучесть**

*В работе экспериментально исследовано воздействие нагрева товарной тяжелой нефти сверхвысокочастотным (СВЧ) электромагнитным полем на изменения ее вязкости. Исследовано влияние фазового состояния надмолекулярных образований на реологические свойства тяжелой нефти после диэлектрического нагрева. Выполнена оценка энергии межмолекулярного взаимодействия асфальтеновых наноагрегатов различных масштабных уровней на базе реометрических исследований тяжелой нефти, обработанной СВЧ-полем. Установлено, что для стабильной по асфальтенам нефти наиболее эффективной является гибридная схема микроволновой обработки.*

**Ключевые слова:** тяжелая нефть, ассоциативная наножидкость, СВЧ-нагрев, гибридная схема нагрева, эффективная вязкость, фазовое состояние, энергия активации вязкого течения.

*Cao Bo<sup>1</sup>, S. N. Chelintsev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Xi'an Shiyou University, Xi'an, China,

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)

### **Influence of Microwave Processing of Heavy Stock Oil on Oil Fluidity**

*The paper experimentally investigated the effect of heavy stock oil heating by ultra-high frequency (microwave) electromagnetic field on oil viscosity changes. There has been studied an influence of the supramolecular formations phase state on the rheological properties of heavy oil after various dielectric heating schemes application. The energy of the intermolecular interaction of asphaltene nanoaggregates of various scale levels is estimated on the basis of rheometric studies of heavy oil treated with microwave energy. It has been established that for asphaltene stable oil the hybrid microwave processing scheme is the most effective.*

**Key words:** heavy oil, associative nanofluid, microwave heating, hybrid heating scheme, effective viscosity, phase state, viscous flow activation energy.

**П. А. Никульшин, М. А. Ершов, Е. В. Григорьева, С. В. Таразанов, С. Н. Кузнецова, О. В. Репина**

АО «ВНИИ НП»,

trifonovaev@vniinp.ru

### **Производные фурфурола в качестве компонентов топлив**

*В статье показана возможность применения производных фурфурола, полученных каталитическим гидрированием на медных и никелевых катализаторах с преобразованием фурфурола до топливных компонентов. Было оценено их влияние на антидетонационные свойства и химическую стабильность. Отмечено, что фураны проявляют свою наибольшую эффективность в низкооктановых углеводородных базах, как например, бензин гидрокрекинга при содержании 5–30% мас. Высокая концентрация потенциальных смол может привести к образованию отложений в камере сгорания двигателя, что, в свою очередь, требует проведения дополнительных исследований.*

**Ключевые слова:** фурфурол, 2-метилфуран, фурфуриламмин, дипропилацеталь фурфурола.

*P. A. Nikulshin, M. A. Ershov, E. V. Grigoreva, S. V. Tarazanov, S. N. Kuznetsova, O. V. Repina.*

All-Russian Research Institute of Oil Refining JSC

### **Furfural Derivatives as Fuel Components**

*Furfural derivatives, prepared from vegetable raw materials, have recently become popular as high-performance fuel additives. Special attention is drawn to these compounds as oxygenates. A lot of research have been developed for preparing new materials from furfural, but it still doesn't clear about their effect on physicochemical properties of fuels. In this article is shown the possibility of adding furfural derivatives, which are obtained by their hydrogenation at copper and nickel catalysts with full furfural conversion to fuel. Their impact on antiknock properties and chemical stability was evaluated. It was noticed that furans are mostly effective in low-octane bases (gasoline HC) at 5–30 % wt. concentration. High concentration of potential gum may lead to carbon depositions in the combustion chamber of an engine that requires additional tests.*

**Key words:** furfural, 2-methylfuran, furfurylamine, furfural dipropyl acetal.

***O. V. Repina<sup>1</sup>, S. V. Tarazanov<sup>2</sup>, M. A. Титаренко<sup>2</sup>, П. А. Никульшин<sup>2</sup>,  
М. М. Лобашова<sup>2</sup>, Е. В. Григорьева<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет,

<sup>2</sup>АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти»

tarazanovsv@vniinp.ru

### **Композиции ацеталей фурфурола как комплексная добавка к дизельным топливам**

*Рекомендован метод получения дибутил- и диамилацеталей фурфурола на лабораторной установке проточного типа. Определены цетановые числа композиций с бутанолом и при введении дикумилпероксида, низкотемпературные свойства и седиментационная устойчивость дизельных топлив при введении 3% мас. образцов ацеталей. Оценены смазывающие свойства исследуемых образцов ацеталей и определены численные значения диаметра пятна износа.*

**Ключевые слова:** фурфурол, ацетали, цетановое число, сульфокатионит, смазывающая способность.

*O. V. Repina<sup>1</sup>, S. V. Tarazanov<sup>2</sup>, M. A. Titarenko<sup>2</sup>, P. A. Nikulshin<sup>2</sup>, M. M. Lobashova<sup>2</sup>, E. V. Grigoreva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Samara State Technical University,

<sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Oil Refining JSC

Furfural Acetal Compositions as an Complex Additive to Diesel Fuels

*Preparation method for furfural dibutyl and diamyl acetals in flow-type laboratory setup is recommended. Cetane numbers of compositions with butanol and dicumyl peroxide addition, low-temperature properties and sedimentation stability of diesel fuels with 3% wt. acetals were determined. Lubricating properties of the studied acetals were evaluated and values of wear spot diameter were determined.*

**Key words:** furfural, acetals, cetane number, sulphocationite, lubricity.

*Д. Д. Бухалкин<sup>1</sup>, А. П. Семенов<sup>1</sup>, А. А. Новиков<sup>1</sup>, Р. И. Мендгазиев<sup>1</sup>,  
А. С. Стопорева<sup>1,2,3,4</sup>, П. А. Гуцин<sup>1</sup>, Д. Г. Щукин<sup>1,5</sup>*

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина,

<sup>2</sup>Институт неорганической химии имени А. В. Николаева СО РАН, г. Новосибирск,

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет,

<sup>4</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет,

<sup>5</sup>Институт возобновляемых источников энергии Стивенсона, Университет Ливерпуля, Великобритания,  
semenov.a@gubkin.ru

### **Фазово-переходные материалы в энергетике: современное состояние исследований и перспективы применения**

*В работе представлен обзор современных исследований в области фазово-переходных материалов, перспективных для снижения энергопотерь в промышленных условиях и в системах отопления/кондиционирования жилых помещений. В частности, рассмотрены проблемы внедрения данных технологий, такие, как стратегия инкапсулирования активного вещества, стабильность полученных материалов с фазовым переходом и возникающие коррозионные осложнения. Кроме того, фазово-переходные материалы могут использоваться в холодильных системах для повышения КПД, а также в хранилищах для снижения технологических потерь, связанных с испарением топлив и технических жидких продуктов. Выделены перспективные направления использования данных материалов и намечены пути решения возможных проблем.*

**Ключевые слова:** фазово-переходные материалы, хранение тепловой энергии, плавление, кристаллизация, переохлаждение, инкапсуляция.

*D. D. Bukhalkin<sup>1</sup>, A. P. Semenov<sup>1</sup>, A. A. Novikov<sup>1</sup>, R. I. Mendgaziev<sup>1</sup>, A. S. Stoporev<sup>1,2,3,4</sup>,  
P. A. Gushchin<sup>1</sup>, D. G. Shchukin<sup>1,5</sup>*

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),

<sup>2</sup>Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB RAS,

<sup>3</sup>Novosibirsk State University,

<sup>4</sup>Kazan Federal University,

<sup>5</sup>Stephenson Institute for Renewable Energy, Department of Chemistry, The University of Liverpool

### **Phase Change Materials in the Energy Sector: Current State of Research And Application Prospects**

*In this work, we review the recent studies on phase change materials promising to reduce energy losses in industrial conditions and domestic heating/air conditioning systems. Particularly, we focus on the challenges of phase change materials application, such as a strategy for the encapsulation of active substance, the stability of obtained materials with a phase transition, and emerging corrosion complications. Phase change materials could be employed in refrigerating systems to increase thermal efficiency, and in the storage facilities to reduce evaporative losses of fuels and industrial liquid products as well. Promising areas of using these materials are highlighted and ways to solve possible problems are outlined.*

**Key words:** *phase change materials, thermal energy storage, melting, crystallization, subcooling, encapsulation.*