

Химия и технология топлив и масел

2(654) '2026

DOI: 10.32935/0023-1169-2026-654-2

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

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-82547.
Выдано 18 января 2022 г.
Федеральной службой по надзору
в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций

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

С. Н. Волгин – д.т.н., проф.

И. Б. Грудников – д.т.н., проф.

В. Л. Лашхи – д.т.н., проф.

А. Лукас – д.т.н., проф. (Польша)

А. М. Мазгаров – д.т.н., проф.

К. Б. Рудяк – д.т.н., проф.

Е. П. Серегин – д.т.н., проф.

Сунь Тэнфэй – проф. (Китай)

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

Содержание

ТЕХНОЛОГИИ

М. Ю. Доломатов, В. Р. Субханкулов, М. М. Доломатова, Р. В. Гарипов, С. С. Вершинин, М. С. Атаманов, Д. А. Левашов, И. В. Казаев, Г. М. Сидоров. Влияние особенностей кинетики и термодинамики синтеза на выход и полиморфизм углеродных материалов 3

М. Ю. Доломатов, В. Р. Субханкулов, О. Л. Рыжиков, М. М. Доломатова, С. С. Вершинин, О. А. Белотелов, И. В. Казаев, К. Г. Абдульминев. Плазмохимический синтез графена из малоуглеродного нефтяного сырья 9

А. А. Мухамедзянова, Р. А. Зеленкова, И. А. Ихсанов, Г. М. Сидоров, Е. В. Грохотова. Термополиконденсация тяжелой смолы пиролиза в среде высокоароматичного растворителя в присутствии катализатора — органического пероксида 13

КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ

А. Д. Бадикова, С. Р. Сахибгареев, М. А. Цадкин, Т. Р. Вахитов. Термокаталитическая конверсия газообразного углеводородного сырья в присутствии каталитических систем на основе неорганических соединений 18

И. А. Мустафин, А. Р. Ханов, А. Г. Мустафин, А. Ф. Ахметов. Совместное получение метановодородной смеси и углеродных нанотрубок термокаталитическим разложением гексанов 23

А. Д. Бадикова, С. Р. Сахибгареев, М. А. Цадкин, М. Р. Султанова, И. М. Борисов. Каталитический крекинг тяжелого нефтяного сырья в присутствии новых эффективных металлокомплексных каталитических систем 26

Р. С. Нагиев, А. Д. Бадикова, И. М. Борисов, С. Р. Сахибгареев. Повышение энергоэффективности установки гидроочистки моторных топлив при эксплуатации перспективных каталитических систем на основе гетерополисоединения никеля 31

И. А. Мустафин, Р. Н. Галиахметов, А. Г. Мустафин, О. М. Судакова, А. Р. Ханов, А. Ф. Ахметов. Механизм реакции крекинга углеводородов с наночастицами металлов 35

ХИММОТОЛОГИЯ

В. И. Демиров, С. Н. Волгин, Е. М. Вижанков, И. В. Цыкунов, А. М. Винявский, В. В. Торосян. Методика оценки срока эксплуатации охлаждающих жидкостей 39

ИССЛЕДОВАНИЯ

Р. Ф. Хамадалиев, Г. М. Хамадалиева, Т. Р. Просочкина, К. Г. Кичатов. Разработка двухкомпонентной полиуретановой системы с применением бета-версии базы данных 43

А. Р. Махмутова, Н. Г. Евдокимова, Н. Н. Лунева. Подбор состава пластификатора полимерно-битумного вяжущего с использованием критериев эффективности 46

В. А. Гафарова, И. Р. Кузеев, А. Ф. Ахметов, В. Н. Хафизов, И. А. Мустафин, М. А. Бондарь, А. Р. Ханов. Создание функциональных композиционных материалов на эпоксидной основе с наноуглеродными добавками 52

Р. Р. Япаев, П. Ракова, Е. С. Волкова, Е. В. Фирсова, А. Ф. Ахметов. Исследование влияния вторичных гранулятов полимерных отходов на свойства дорожного битума 57

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

2⁽⁶⁵⁴⁾'2026

Head Editor

B. P. Tumanyan – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

S. N. Volgin – Dr. Eng. Sci., prof.

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

V. L. Lashkhi – Dr. Eng. Sci., prof.

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

A. M. Mazgarov – Dr. Eng. Sci., prof.

K. B. Rudyak – Dr. Eng. Sci., prof.

E. P. Seregin – Dr. Eng. Sci., prof.

Sun Tengfei – prof. (China)

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,

В. Ю. Попова

Адрес редакции:

105318, г. Москва,

Измайловское шоссе, д. 20-1Н

e-mail: 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

TECHNOLOGIES

M. Yu. Dolomatov, V. R. Subkhankulov, M. M. Dolomatova, R. V. Garipov, S. S. Vershinin, M. S. Atamanov, D. A. Levashov, I. V. Kazaev, G. M. Sidorov. Influence of the Kinetics and Thermodynamics in Synthesis on the Yield and Polymorphism for Carbon Materials 3

M. Yu. Dolomatov, V. R. Subkhankulov, O. L. Ryzhikov, M. M. Dolomatova, S. S. Vershinin, O. A. Belotelov, I. V. Kazaev, K. G. Abdulminev. Plasmachemical Synthesis of Graphene from Low-Carbon Crude Product 9

A. A. Mukhamedzianova, A. A. Zelenkova, I. A. Ikhsanov, G. M. Sidorov, E. V. Grokhotova. Thermopolycondensation of Heavy Pyrolysis Tar in a High-Aromatic Solvent Environment in the Presence of Catalyst – the Organic Peroxide 13

KINETICS AND CATALYSIS

A. D. Badikova, S. R. Sakhigareev, M. A. Tsadkin, T. R. Vakhitov. Thermocatalytic Conversion of Gaseous Hydrocarbon Feedstock in the Presence of Catalytic Systems Based on Inorganic Compounds 18

I. A. Mustafin, A. R. Khanov, A. G. Mustafin, A. F. Akhmetov. Joint Production of Methane-Hydrogen Mixture and Carbon Nanotubes by Thermal Catalytic Decomposition of Hexanes 23

A. D. Badikova, S. R. Sakhigareev, M. A. Tsadkin, M. R. Sultanova, I. M. Borisov. Catalytic Cracking of Heavy Petroleum Feeds in the Presence of New Effective Metal Complex Catalytic Systems 26

R. S. Nagiev, A. D. Badikova, I. M. Borisov, S. R. Sakhigareev. Increasing the Energy Efficiency of a Motor Fuel Hydrotreating Unit When Using Advanced Catalytic Systems Based on Nickel (IV) Heteropoly Compound 31

I. A. Mustafin, R. N. Galiakhmetov, A. G. Mustafin, O. M. Sudakova, A. R. Khanov, A. F. Akhmetov. Mechanism of Hydrocarbons Cracking Reaction with Nanocatalysts 35

CHEMMOTOLOGY

V. I. Demirov, S. N. Volgin, E. M. Vizhankov, I. V. Tsykunov, A. M. Vinyavsky, V. V. Torosyan. Methodology for Estimating the Service Life of Coolants 39

RESEARCH

R. F. Khamadaliyev, G. M. Khamadaliyeva, T. R. Prosochkina, K. G. Kichatov. Development of a Two-Component Polyurethane System Using the Beta Version of the Database 43

A. R. Makhmutova, N. G. Evdokimova, N. N. Lineva. Selection of Polymer Bitumen Binder Composition Using Performance Criteria 46

V. A. Gafarova, I. R. Kuzeev, A. F. Akhmetov, V. N. Khafizov, I. A. Mustafin, M. A. Bondar, A. R. Khanov. Creation of Functional Composite Materials Based on Epoxy with Nanocarbon Additives 52

R. R. Yapaev, P. Rakova, E. S. Volkova, E. E. Firsova, A. F. Akhmetov. Investigation of the Effect of Secondary Polymer Waste Granules on the Properties of Road Bitumen 57

**М. Ю. Долматов, В. Р. Субханкулов, М. М. Долматова, Р. В. Гарипов,
С. С. Вершинин, М. С. Атаманов, Д. А. Левашов, И. В. Казаев, Г. М. Сидоров**

Уфимский государственный нефтяной технический университет
subhankulov2000@mail.ru

Влияние особенностей кинетики и термодинамики синтеза на выход и полиморфизм углеродных материалов

Согласно теории систем с хаосом химического состава качественный состав – множество аллотропных модификаций твердых углеродных продуктов высокотемпературного синтеза (графены, углеродные нанотрубки, аморфные формы углерода с различной степенью анизотропии) – обусловлен самовоспроизводимостью и ростом специфической энтропии разнообразия компонентов в данных процессах. Количество углеродных форм, образованных в технологических процессах термоллиза, прежде всего обусловлена средней энергией межмолекулярного взаимодействия и реологией сырья в вязкотекучем состоянии. В работе выявлены закономерности, связывающие энергию активации вязкого течения с коксующестью многокомпонентных углеводородных систем различной природы, которые позволяют прогнозировать выход углерода в технологических процессах.

Ключевые слова: *графен, аллотропные модификации углерода, энтропия разнообразия компонентов, энергия межмолекулярного взаимодействия, многокомпонентные системы с химическим хаосом.*

M. Yu. Dolomatov, V. R. Subhankulov, M. M. Dolomatova, R. V. Garipov S. S. Vershinin,
M. S. Atamanov, D. A. Levashov, I. V. Kazaev, G. M. Sidorov

Ufa State Petroleum Technological University

Influence of the Kinetics and Thermodynamics in Synthesis on the Yield and Polymorphism for Carbon Materials

According to the theory of systems with chaos of chemical composition the qualitative composition – a variety of allotropic modifications of solid carbon products of high-temperature synthesis (graphenes, carbon nanotubes, amorphous forms of carbon with varying degrees of anisotropy) – is due to self-replication and growth of the specific entropy of diversity of components in these processes. The number of carbon forms formed in technological processes of thermolysis is primarily determined by the average energy of intermolecular interaction and rheology of raw materials in a viscous state. The work reveals patterns that link the activation energy of viscous flow to the coking of various multicomponent hydrocarbon systems, which make it possible to predict the yield of carbon in technological processes.

Key words: *graphene, allotropic modifications of carbon, entropy of component diversity, energy of intermolecular interaction, multicomponent systems with chemical chaos.*

**М. Ю. Долматов, В. Р. Субханкулов, О. Л. Рыжиков, М. М. Долматова,
С. С. Вершинин, О. А. Белотелов, И. В. Казаев, К. Г. Абдульминев**

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа
subhankulov2000@mail.ru

Плазмохимический синтез графена из малоуглеродного нефтяного сырья

Рассмотрен вариант синтеза графеновой сажи методом плазмохимического импульсного флеш-пиролиза с использованием в качестве сырья малоуглеродных продуктов нефтепереработки и нефтехимии: газойлей коксования, продуктов каталитического крекинга, тяжелых и легких смол пиролиза и др. В предлагаемом варианте технологии малоуглеродное сырье предварительно подвергается термолизу в реакторе периодического действия, где в высокотемпературных процессах при 400–600°C обогащается углеродом. В дальнейшем тяжелые продукты термолиза направляются на установку плазмохимического пиролиза с целью получения графеновой сажи. Предложенная технология позволит расширить спектр сырья, необходимого для получения графеновой сажи и графена. Технология апробирована в многочисленных экспериментах, качество продуктов подтверждено спектроскопическими и аналитическими методами.

Ключевые слова: графен, графеновая сажа, малоуглеродное сырье, термолиз, плазмохимический синтез, спектроскопия комбинационного рассеивания.

*M. Yu. Dolomatov, V. R. Subkhankulov, O. L. Ryzhikov, M. M. Dolomatova, S. S. Vershinin,
O. A. Belotelov, I. V. Kazaev, K. G. Abdulminev*

Ufa State Petroleum Technological University

Plasmachemical Synthesis of Graphene from Low-Carbon Crude Product

The article discusses the synthesis of graphene soot using the method of plasmachemical pulse flash pyrolysis, which involves the use of low-carbon products from oil refining and petrochemical industries, such as coke oils, catalytic cracking products, heavy and light pyrolysis resins, and others. In this proposed technology, the low-carbon raw material is first subjected to thermolysis in a batch reactor, where it is enriched with carbon in high-temperature processes at 400-600°C. Further, the heavy thermolysis products are sent to the plasma-chemical pyrolysis unit in order to obtain graphene soot. The proposed technology will expand the range of raw materials used for the production of graphene soot and graphene. The technology has been tested in numerous experiments, and the quality of the products has been confirmed by spectroscopic and analytical methods.

Key words: *graphene, graphene soot, low-carbon feedstock, thermolysis, plasmachemical synthesis, Raman spectroscopy.*

A. A. Мухамедзянова^{1,2}, Р. А. Зеленкова¹, И. А. Ихсанов³, Г. М. Сидоров², Е. В. Грохотова²

¹ Уфимский университет науки и технологий,

² Уфимский государственный нефтяной технический университет,

³ Фонд перспективных исследований,

alf6058@yandex.ru

Термополиконденсация тяжелой смолы пиролиза в среде высокоароматичного растворителя в присутствии катализатора — органического пероксида

Представлены результаты термополиконденсации тяжелых смол пиролиза в присутствии органических пероксидов и высокоароматичных фракций смол тяжелых пиролиза 350–450°C с различным содержанием серы. Показана возможность получения высокоплавких пиролизных пеков двухстадийной термополиконденсацией фракции тяжелой смолы пиролиза н.к.–350 °С. Экспериментально доказано влияние

растворителя с высоким содержанием полициклоароматических соединений на образование компонентов, нерастворимых в толуоле.

Ключевые слова: *тяжелая смола пиролиза, фракции н. к. –350°C, термополиконденсация, нефтяные пеки, температура размягчения, асфальтены, карбены, карбоиды.*

**A. A. Mukhamedzianova^{1,2}, A.A.Zelenkova¹, I. A. Ikhsanov³, G.M. Sidorov²,
E.V. Grokhotova²**

¹ Ufa University of Science and Technology

²Ufa State Petroleum Technical University ,

³Foundation for Advanced Research,

Thermopolycondensation of Heavy Pyrolysis Tar in a High-Aromatic Solvent Environment in the Presence of Catalyst – the Organic Peroxide

The results of thermopolycondensation of heavy pyrolysis tar in the presence/absence of organic peroxides and high-aromatic pyrolysis resin fractions with different sulfur contents are presented. The possibility of obtaining high-melting pyrolysis pitch by two-stage thermopolycondensation of the heavy pyrolysis tar fraction at 350°C is shown. The influence of a solvent with a high content of polycycloaromatic compounds on the formation of components that are insoluble in toluene has been experimentally proven.

Key words: *heavy pyrolysis resin, fractions below 350°C, thermopolycondensation, oil pitches, softening point, asphaltenes, carbens, carboids.*

А. Д. Бадикова, С. Р. Сахибгареев, М. А. Цадкин, Т. Р. Вахитов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

samat.sax2014@yandex.ru

Термокаталитическая конверсия газообразного углеводородного сырья

в присутствии каталитических систем на основе неорганических соединений

В статье рассматриваются закономерности термокаталитической конверсии газообразного индивидуального углеводорода – пропана, моделирующего один из компонентов попутных нефтяных газов, в присутствии модифицированной металлокомплексной каталитической системы на основе неорганических соединений. В термокаталитической конверсии пропана использовалась каталитическая система с цеолитсодержащем носителем типа Y (Na-формы), поверхность которого модифицирована комплексной солью на основе неорганических солей – хлорида железа (III) и хлорида калия. Разработанная каталитическая обладает высокоразвитой поверхностью и каталитической активностью для селективного получения ароматических соединений. Установлено, что разработанная цеолитсодержащая каталитическая система на основе неорганических соединений эффективна при конверсии пропана при температуре процесса 500–600°C и объемной скорости подачи сырья 1–2 ч⁻¹, позволяет эффективно превращать насыщенный низший углеводород в продукты нефтехимии с преобладанием в составе жидких углеводородов — ароматических соединений состава C₆–C₈, в том числе с содержанием различных пространственных изомеров.

Ключевые слова: *термокаталитическая конверсия, газообразное углеводородное сырье, каталитическая система, комплексные соединения на основе хлоридов металлов, ароматические углеводороды.*

A.D. Badikova, S.R. Sahibgareev, M.A. Tsadkin, T.R. Vakhitov

Ufa State Petroleum Technological University

Thermocatalytic Conversion of Gaseous Hydrocarbon Feedstock in the Presence of Catalytic Systems Based on Inorganic Compounds

This article examines the principles of thermal catalytic conversion of a gaseous individual hydrocarbon, propane, which simulates one of the components of associated petroleum gases, in the presence of a modified metal complex catalytic system based on inorganic compounds. The thermal catalytic conversion of propane utilized a catalytic system with a Y-type zeolite-containing carrier (Na-form), the surface of which was modified with a complex salt based on inorganic salts – iron (III) chloride and potassium chloride. The developed catalytic system possesses a highly developed surface area and catalytic activity for the selective production of aromatic compounds. It has been established that the developed zeolite-containing catalytic system based on inorganic compounds is effective in the conversion of individual propane hydrocarbon at temperature 500-600°C and a feed volumetric feed rate of 1-2 h⁻¹, and allows for the efficient conversion of saturated lower hydrocarbons into petrochemical products with a predominance of liquid hydrocarbons - aromatic compounds of the C₆–C₈ composition, including those containing various spatial isomers.

Key words: *thermocatalytic conversion, gaseous hydrocarbon feedstock, catalytic system, complex compounds based on metal chlorides, aromatic hydrocarbons.*

И. А. Мустафин, А. Р. Ханов, А. Г. Мустафин, А. Ф. Ахметов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ildarAMustafin@yandex.ru

Совместное получение метановодородной смеси и углеродных нанотрубок термokatалитическим разложением гексанов

Показана возможность получения водородосодержащего газа и углеродных нанотрубок термokatалитическим разложением n-гексана и циклогексана. В качестве прекурсора катализатора использован 2-этилгексагонат никеля. Содержание водорода в образующемся газе достигает 53% об. для гексана и 91% об. для циклогексана. Получены углеродные материалы в виде нанотрубок, диаметром менее 100 нм.

Ключевые слова: *углеродные нанотрубки, химическое осаждение из газовой фазы, термokatалитическое разложение углеводородов, углеродные нановолокна, получение метановодородной смеси.*

I. A. Mustafin, A. R. Khanov, A.G. Mustafin, A. F. Akhmetov.

Ufa State Petroleum Technological University

Joint Production of Methane-Hydrogen Mixture and Carbon Nanotubes by Thermal Catalytic Decomposition of Hexanes

The possibility of producing hydrogen-containing gas and carbon nanotubes via the thermal catalytic decomposition of n-hexane and cyclohexane is demonstrated. Nickel 2-ethylhexagonate is used as a catalyst precursor. The hydrogen content in the resulting gas reaches 53% by volume for n-hexane and 91% by volume for cyclohexane. Carbon materials in the form of nanotubes with a diameter of less than 100 nm are obtained.

Key words: *carbon nanotubes, chemical vapor deposition, thermal catalytic decomposition of hydrocarbons, carbon nanofibers, production of a methane-hydrogen mixture.*

A. Д. Бадикова, С. Р. Сахибгареев, М. А. Цадкин, М. Р. Султанова, И. М. Борисов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

samat.sax2014@yandex.ru

Каталитический крекинг тяжелого нефтяного сырья в присутствии новых эффективных металлокомплексных каталитических систем

Разработана каталитическая система на основе кислой формы цеолитсодержащего носителя типа Y, модифицированная активной каталитической электрофильной добавкой тетрахлорфerrата натрия с содержанием 15% мас. к носителю. Каталитическая система на основе неорганических хлоридов натрия и железа проявляет высокую активность и эффективность в процессе термокatalитического расщепления прямогонного мазута с образованием легких газообразных углеводородов и жидких углеводородов различного строения – изомерных и ароматических углеводородов. Использование металлокомплексной каталитической системы в относительно мягких температурных условиях каталитического крекинга позволяет повысить процент извлечения светлых нефтепродуктов.

Ключевые слова: *каталитический крекинг, цеолитсодержащий носитель, тяжелое нефтяное сырье, светлые фракции, легкие газообразные низшие олефины, комплексы на основе хлоридов металлов, хлорфerrатный комплекс, коксообразование.*

A.D. Badikova, S.R. Sakhibgareev, M.A. Tsadkin, M.R. Sultanova, I.M. Borisov

Ufa State Petroleum Technological University

Catalytic Cracking of Heavy Petroleum Feeds in the Presence of New Effective Metal Complex Catalytic Systems

A catalytic system based on an acidic Y-type zeolite-containing support modified with an active catalytic electrophilic additive, sodium tetrachloroferrate, at a 15% weight content has been developed. This catalytic system, based on inorganic sodium and iron chlorides, exhibits high activity and efficiency in the thermal catalytic cracking of straight-run fuel oil, producing light gaseous hydrocarbons and liquid hydrocarbons of various structures – isomeric and aromatic hydrocarbons. Using this metal complex catalytic system under the relatively mild temperature conditions of catalytic cracking allows for increased recovery of light petroleum products.

Key words: *catalytic cracking, zeolite-containing carrier, heavy petroleum feedstock, light fractions, light gaseous lower olefins, metal chloride-based complexes, chloroferrate complex, coke formation.*

P. С. Нагиев, А. Д. Бадикова, И. М. Борисов, С. Р. Сахибгареев

Уфимский государственный нефтяной технический университет

nagiev.ramin@mail.ru

Повышение энергоэффективности установки гидроочистки моторных топлив при эксплуатации перспективных каталитических систем на основе гетерополисоединения никеля

Проведена апробация предварительно приготовленных катализаторов гидроочистки с использованием комплекса четырехвалентного никеля $(\text{NH}_4)_6[\text{NiMo}_9\text{O}_{32}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в гидрообессеривании прямогонной дизельной фракции, выделенной из нефтегазоконденсатной смеси ачимовских отложений и рассмотрены перспективы оптимизации установки гидроочистки средних дистиллятов. Приготовленные катализаторы гидроочистки показали высокую гидрообессеривающую активность с остаточным содержанием серы на уровне до 5–8 ppm. По показателю остаточного содержания общей серы полученные гидрогенизаты соответствовали требованиям Технического регламента Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту».

Ключевые слова: катализатор гидроочистки, гидрообессеривание, комплекс четырехвалентного никеля, гетерополисоединение Ni (IV), прямогонная дизельная фракция.

R. S. Nagiev, A. D. Badikova, I. M. Borisov, S. R. Sakhibgareev.

Ufa State Petroleum Technological University

Increasing the Energy Efficiency of a Motor Fuel Hydrotreating Unit

When Using Advanced Catalytic Systems Based on Nickel (IV) Heteropoly Compound

Pre-prepared hydrotreating catalysts were tested using a tetravalent nickel complex of the composition $(\text{NH}_4)_6[\text{NiMo}_9\text{O}_{32}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ in the hydrodesulfurization of straight-run diesel fraction isolated from the oil and gas condensate mixture of the Achimov deposits, and the prospects for optimizing the middle distillate hydrotreating unit were considered. The prepared hydrotreating catalysts demonstrated high hydrodesulfurization activity with a residual sulfur content of up to 5-8 ppm. In terms of residual total sulfur content, the resulting hydrogenated products met the requirements of the Technical Regulations of the Customs Union «On Requirements for Automobile and Aviation Gasoline, Diesel and Marine Fuel, Jet Fuel, and Fuel Oil».

Key words: hydrotreating catalyst, hydrodesulfurization, tetravalent nickel complex, Ni(IV) heteropoly compound, straight-run diesel fraction.

И. А. Мустафин, Р. Н. Галиахметов, А. Г. Мустафин, О. М. Судакова, А. Р. Ханов, А. Ф. Ахметов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

ildarAMustafin@yandex.ru

Механизм реакции крекинга углеводородов с наночастицами металлов

*Работа посвящена исследованию физико-химических аспектов каталитической деструкции углеводородов тяжелых нефтей и нефтяных остатков в присутствии ультрадисперсных (наноразмерных) металлосодержащих катализаторов, образующихся *in situ* при термическом разложении металлорганических прекурсоров. На основе результатов термодинамических расчетов, квантово-химического моделирования методом DFT и анализа экспериментальных данных предложен механизм, включающий стадии депротонирования, протонирования и радикально-ионных реакций. Показано, что активными центрами являются наночастицы никеля, оксида никеля и сульфидов металлов, а также поверхности их оксидных и сульфидных форм. Обоснована роль наноструктурированных катализаторов в иницировании ионных процессов и снижении температуры деструкции углеводородов.*

Ключевые слова: нанокатализаторы, термодеструкция, никель, цинк, сульфиды металлов, DFT, сероорганические соединения.

I. A. Mustafin, R. N. Galiakhmetov, A.G. Mustafin, O. M. Sudakova, A. R. Khanov, A. F. Akhmetov.

Ufa State Petroleum Technological University

Mechanism of Hydrocarbons Cracking Reaction with Nanocatalysts

This paper investigates the physicochemical aspects of the catalytic degradation of heavy oil hydrocarbons and petroleum residues in the presence of ultradispersed (nanosized) metal-containing catalysts formed in situ during the thermal decomposition of organometallic precursors. Based on the results of thermodynamic calculations, quantum-chemical modeling using the DFT method, and analysis of experimental data, a mechanism is proposed that includes the stages of deprotonation, protonation, and radical-ion reactions. It is shown that the active centers are Ni⁰, NiO, and MeS nanoparticles, as well as the surfaces of their oxide and sulfide forms. The role of nanostructured catalysts in initiating ionic processes and reducing the degradation temperature of hydrocarbons is substantiated.

Key words: nanocatalysts, thermal degradation, nickel, zinc, metal sulfides, DFT, organosulfur compound.

В. И. Демиров¹, С. Н. Волгин², Е. М. Вижанков², И. В. Цыкунов³, А. М. Винявский³, В. В. Торосян³

¹ Управление (ракетного топлива и горючего) Департамента ресурсного обеспечения

Министерства обороны Российской Федерации

² ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России»,

³ Акционерное общество «Обнинскоргсинтез»

25gosniihim@mil.ru

Методика оценки срока эксплуатации охлаждающих жидкостей

Настоящая методика основана на методе определения коррозионного воздействия на металлы по ГОСТ 28084 «Жидкости охлаждающие низкотемпературные. Технические условия» с увеличенным количеством циклов испытаний. Установлена взаимосвязь между количеством циклов лабораторных испытаний по коррозионному воздействию на металлы и сроком эксплуатации охлаждающей жидкости на автотранспорте. Оценка степени коррозионного воздействия на металлы определялась по завершению каждого цикла. Методика позволяет по результатам циклических испытаний прогнозировать возможные сроки эксплуатации охлаждающих жидкостей на технике.

Ключевые слова: методика оценки срока эксплуатации охлаждающей жидкости, коррозионное воздействие на металлы, циклические испытания.

V. I. Demirov, S. N. Volgin, E. M. Vizhankov, I. V. Tsykunov, A. M. Vinyavsky, V. V. Torosyan.

¹ Department (of Rocket Fuel and Fuel) of Resource Support, Ministry of Defence of the Russian Federation

² Federal Autonomous Enterprise "The 25th State Research Institute of Chemmotology, Ministry of Defence of the Russian Federation"

³ Joint Stock Company "Obninskorgsintez" (JSC "Obninskorgsintez")

Methodology for Estimating the Service Life of Coolants

This methodology is based on a method for determining the corrosive effect on metals according to GOST 28084 "Antifreezes. Specifications" with an increased number of test cycles. The connection between the number of cycles of laboratory tests for corrosive effects on metals and the service life of the coolant used in vehicles has been established. The assessment of the degree of corrosion on metals was determined at the end of each cycle. Based on the results of cyclic tests, the methodology allows predicting the possible service life of coolants used in vehicles.

Key words: *methodology for estimating the service life of coolants, corrosive effect on metals, cyclic tests.*

R. Ф. Хамадалиев, Г. М. Хамадалиева, Т. Р. Просочкина, К. Г. Кичатов

Уфимский государственный нефтяной технический университет

ruslan@khamadaliyev.ru

Разработка двухкомпонентной полиуретановой системы с применением

бета-версии базы данных

В статье представлены результаты разработки двухкомпонентной полиуретановой системы с улучшенными физико-механическими характеристиками с применением бета-версии специализированной базы данных. Показано, что полученный образец полиуретана превзошел плановые показатели по пределу прочности на растяжение, модулю упругости и плотности, а также продемонстрировал высокие значения адгезии, прочности при изгибе и твердости по Шору. Установлено, что даже небольшое количество катализаторов (до 0,02%) влияет на архитектуру полимерной сетки полиуретановой системы.

Подчеркивается роль базы данных в PostgreSQL, содержащей 115 образцов сырья с девятью параметрами каждый, для системного подхода к проектированию рецептур и выявления скрытых корреляций между свойствами сырья и конечного продукта. Данный подход позволяет перейти от эмпирического подбора к прогнозируемому синтезу, позволяющему сократить время разработки новых материалов на 40–60%.

Ключевые слова: *полиуретан, двухкомпонентная система, полиол, изоцианат, бета-версия базы данных, проектирование рецептур.*

R.F. Khamadaliyev, G.M. Khamadaliyeva, T.R. Prosochkina, K.G. Kichatov

Ufa State Petroleum Technological University

Development of a Two-Component Polyurethane System

Using the Beta Version of the Database

The article presents the results of the development of a two-component polyurethane system with improved physical and mechanical characteristics using the beta-version of a specialized database. It is shown that the resulting polyurethane sample exceeded the planned values in terms of tensile strength, modulus of elasticity, and density, and also demonstrated high values of adhesion, flexural strength, and Shore hardness. It has been established that even small amount of catalysts (up to 0.02%) affects the architecture of the polymer network in the polyurethane system.

The importance of a PostgreSQL database containing 115 raw material samples with 9 parameters each is emphasized for a systematic approach to formulation design and the identification of hidden correlations between the properties of raw materials and the final product. This approach allows for a transition from empirical selection to predictable synthesis, which can reduce the time required to develop new materials by 40-60%.

Key words: *polyurethane, two-component system, polyol, isocyanate, beta-version of the database, design of compositions.*

A. P. Makhmutova, N. G. Evdokimova, N. N. Luneva

Институт нефтепереработки и нефтехимии Уфимского государственного
нефтяного технического университета в г. Салавате
ruskih1.r@yandex.ru

Подбор состава пластификатора полимерно-битумного вяжущего с использованием критериев эффективности

В работе представлены результаты исследований по подбору оптимального состава пластификатора полимерно-битумных вяжущих, полученных по различным технологиям, с использованием метода многокритериальной оптимизации на основе частных и обобщенных критериев эффективности. Для полученных вяжущих на основании значений их физико-химических свойств были рассчитаны частные и обобщенные критерии эффективности, а также изучен групповой химический состав пластификаторов. Установлено, что за счет регулирования группового химического состава и достижения оптимальных соотношений между ароматическими и парафинонафтеновыми компонентами пластификатора можно достичь значений показателей качества, превышающих требования стандарта, а по обобщенным критериям эффективности можно судить о запасе качества полученных вяжущих.

Ключевые слова: *полимерно-битумное вяжущее, полимер, пластификатор, газойль каталитического крекинга, вакуумный газойль, пластифицирующая добавка, компаундирование, критерий эффективности, метод оптимизации.*

A. R. Makhmutova, N. G. Evdokimova, N. N. Luneva.

Institute of Oil Refining and Petrochemistry, Ufa State Petroleum Technological University (Branch in Salavat)

Selection of Polymer Bitumen Binder Composition Using Performance Criteria

The paper presents the results of research on the selection of the optimal plasticizer composition of polymer-bitumen binders obtained using various technologies using the multicriteria optimization method based on partial and generalized performance criteria. For the obtained binders, based on the values of their physico-chemical properties, specific and generalized efficiency criteria were calculated, and the group chemical composition of plasticizers was studied. It has been established that by regulating the group chemical composition and achieving optimal ratios between the aromatic and paraffin-naphthenic components of the plasticizer, it is possible to achieve quality indicators exceeding the requirements of the standard, and according to generalized efficiency criteria, it is possible to judge the quality reserve of the binders obtained.

Key words: *polymer-bitumen binder, polymer, plasticizer, catalytic cracking gasoil, vacuum gasoil, plasticizing additive, compounding, efficiency criterion, optimization method.*

*B. A. Гафарова, И. Р. Кузеев, А. Ф. Ахметов, В. Н. Хафизов,
И. А. Мустафин, М. А. Бондарь, А. Р. Ханов*

Уфимский государственный нефтяной технический университет

gafarova.vika@bk.ru

Создание функциональных композиционных материалов на эпоксидной основе с наночастицами углерода

Представлены результаты исследования композиционных материалов на эпоксидной основе с использованием в качестве наполнителя многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) в сочетании с другими наполнителями. Использование МУНТ позволило варьировать технологические свойства композита в широких пределах, что даёт возможность производить ремонт трещин различной сложности в оборудовании опасных производственных объектов.

Ключевые слова: композиционные материалы, углеродные нанотрубки, эпоксидная смола, трещины.

V. A. Gafarova, I. R. Kuzeev, A. F. Akhmetov, V. N. Khafizov, I. A. Mustafin, M. A. Bondar, A. R. Khanov

Ufa State Petroleum Technological University

Creation of Functional Composite Materials Based on Epoxy with Nanocarbon Additives

The article describes the findings of studying epoxy-based composite materials containing multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) in combination with other fillers. The use of MWCNTs allows significant modifications to the processing properties of the composite, which makes it possible to repair equipment with cracks of varying complexity and cavity volume at hazardous production facilities.

Key words: composite materials, carbon nanotubes, epoxy resin, cracks.

Р. Р. Янаев, П. Ракова, Е. С. Волкова, Е. В. Фирсова, А. Ф. Ахметов

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

seriyjah@gmail.com

Исследование влияния вторичных гранулятов полимерных отходов на свойства дорожного битума

В статье представлены результаты исследований по модификации некондиционного дорожного битума марки БНД 70/100 с использованием вторичных гранулятов полиэтилена низкого давления (ПЭНД), полипропилена и сополимера полипропилена (СПП). Проведён сравнительный анализ физико-механических свойств исходного битума и образцов, полученных с добавлением различных концентраций вторичных полимеров. Установлено, что применение ПЭНД и СПП позволяет получать полимерно-битумные композиции с характеристиками, соответствующими требованиям ГОСТ Р 52056–2003 для марки ПБВ 40, при этом достигается повышение температурных показателей и расширение интервала пластичности. Использование полипропилена не обеспечило получение образцов, отвечающих нормативным требованиям. Полученные результаты подтверждают возможность эффективного вторичного использования отходов полимеров для улучшения свойств дорожного битума и разработки новых композитных материалов для дорожного строительства.

Ключевые слова: нефтяной битум, битум нефтяной дорожный, вторичные гранулы, полимерные отходы, полиэтилен низкого давления, полипропилен, сополимер полипропилена, полимерно-битумное вяжущее.

R. R. Yapaev, P. Rakova, E. S. Volkova, E. E. Firsova, A. F. Akhmetov.

Ufa State Petroleum Technological University

**Investigation of the Effect of Secondary Polymer Waste Granules
on the Properties of Road Bitumen**

The article presents the results of research on the modification of substandard 70/100 grade road bitumen using secondary granules of low-pressure polyethylene (HDPE), polypropylene and polypropylene copolymer (PPC). Uniplast was used as a plasticizing additive. A comparative analysis of the physico-mechanical properties of the initial bitumen and samples obtained with the addition of various concentrations of secondary polymers has been carried out. It has been established that the use of HDPE and PPC makes it possible to obtain polymer-bitumen compositions with characteristics that meet the requirements of GOST R 52056-2003 for the PBB 40 brand, while increasing temperature parameters and extending the plasticity range. The use of polypropylene did not ensure the production of samples that meet regulatory requirements. The results obtained confirm the possibility of efficient recycling of polymer waste to improve the properties of road bitumen and develop new composite materials for road construction.

Key words: *petroleum bitumen, road bitumen, secondary granules, polymer waste, low-pressure polyethylene, polypropylene, polypropylene copolymer, polymer bitumen binder.*