

Химия и технология топлив и масел

3(601)'2017

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
А. И. Владимиров – к.т.н., проф.

Зам. главного редактора
Б. П. Туманян – д.т.н., проф.

Редакционная коллегия
С. Н. Волгин – д.т.н., проф.
И. Б. Грудников – д.т.н., проф.
Ю. Л. Ищук – д.т.н., проф. (Украина)
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. А. Ершов, И. Ф. Хабибуллин, Е. В. Григорьева,
В. Е. Лазарев, Е. А. Лазарев.* 3
Результаты испытаний биоэтанольного топлива E30
на полноразмерном инжекторном двигателе
в сравнении со стандартными бензинами

ХИММОТОЛОГИЯ

- С. В. Бойченко, К. Лейда, А. В. Яковлева,
О. А. Вовк, Х. Кужевский.* 11
Влияние добавок эстеров рапсового масла на показатели
качества топлив для воздушно-реактивных двигателей

ИССЛЕДОВАНИЯ

- М. П. Бороноев, А. Б. Куликов, Е. С. Субботина,
Л. А. Куликов, С. В. Егазарьянц, Ю. С. Кардашева,
А. Л. Максимов, Э. А. Караханов.* 18
Гидрирование непредельных углеводородов
на Pt и Pd катализаторах,
инкапсулированных в мезопористых бакелитах

- А. М. Алиев, З. А. Мамедов, А. Р. Сафаров,
И. И. Османова, А. М. Гусейнова.* 27
Моделирование и оптимизация процесса
совместного пиролиза бензина, этана и пропана

- Д. Б. Тагиев, Г. И. Келбалиев, Г. З. Сулейманов, С. Р. Расулов,
Ф. И. Шекилиев, В. И. Керимли, Г. Р. Мустафаева.* 33
Кинетика растворения асфальтосмолистых веществ
в ароматических растворителях

- Н. С. Яковлев, С. Г. Агаев.* 38
Депарафинизация дизельного топлива утяжеленного
фракционного состава в электрическом поле

- Б. Е. Красавцев, Э. А. Александрова,
Ж. Т. Хадисова, Б. Л. Александров.* 43
Температурные свойства парафиновых композиций

ЭКОЛОГИЯ

- А. Ф. Туманян, Н. В. Тютюма,
А. Н. Бондаренко, Н. А. Щербакова.* 48
Влияние нефтяных загрязнений на различные типы почв

ОБЗОРЫ

- А. Ю. Жуков, М. А. Столов, М. А. Варфоломеев.* 53
Применение кинетических ингибиторов образования
газовых гидратов в процессах нефте- и газодобычи:
текущее состояние и перспективы развития

Chemistry and Technology of Fuels and Oils

3₍₆₀₁₎'2017

Head Editor

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

Associate Editor

B. P. Tumanyan – Dr. Eng. Sci., prof.

Editorial Board

S. N. Volgin – Dr. Eng. Sci., prof.

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

Yu. L. Ishchuk – Dr. Eng. Sci., prof.
(Ukraine)

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

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: httm@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 ООО «Стринг»

E-mail: String_25@mail.ru

Contents

CURRENT PROBLEMS

Alternative feedstock

- M. A. Ershov, I. F. Khabibullin, E. V. Grigor'eva, V. E. Lazarev, and E. A. Lazarev.* Results of E30 Bioethanol Fuel Tests in a Full-Scale Injection Engine vis-a-vis Standard Gasolines 3

CHEMMOTOLOGY

- S. V. Boichenko, K. Leida, A. V. Yakovleva, O. A. Vovk, and Kh. Kuzhevskii.* Influence of Rapeseed Oil Ester Additives on Fuel Quality Index for Air Jet Engines 11

RESEARCH

- M. P. Boronoev, A. B. Kulikov, E. S. Subbotina, L. A. Kulikov, S. V. Egazar'yants, Yu. S. Kardasheva, A. L. Maksimov, and E. A. Karakhanov.* Hydrogenation of Unsaturated Hydrocarbons on Pt And Pd Catalysts Incapsulated in Mesoporous Bakelites 18

- A. M. Aliev, Z. A. Mamedov, A. R. Safarov, I. I. Osmanova, and A. M. Guseinova.* Modeling and Optimization of Joint Gasoline, Ethane, and Propane Pyrolysis Process 27

- D. B. Tagiev, G. I. Kelbaliev, G. Z. Suleimanov, S. R. Rasulov, F. I. Shekiliev, V. I. Kerimli, and G. R. Mustafaeva.* Kinetics of Dissolution of Asphaltesinous Matters in Aromatic Solvents 33

- N. S. Yakovlev and S. G. Agaev.* Dewaxing of Heavy Diesel Fuel in an Electric Field 38

- B. E. Krasavtsev, E. A. Aleksandrova, Zh. T. Khadisova, and B. L. Aleksandrov.* Thermal Properties of Wax Compositions 45

ECOLOGY

- A. F. Tumanyan, N. V. Tyutyuma, A. N. Bondarenko, and N. A. Shcherbakova.* Influence of Oil Pollution on Various Types of Soil 48

REVIEWS

- A. Yu. Zhukov, M. A. Stolov, and M. A. Varfolomeev.* Use of Kinetic Inhibitors of Gas Hydrate Formation in Oil and Gas Production Processes: Current State and Prospects of Development 53

Результаты испытаний биоэтанольного топлива E30 на полноразмерном инжекторном двигателе в сравнении со стандартными бензинами

М. А. Ершов, И. Ф. Хабибуллин, Е. В. Григорьева, В. Е. Лазарев, Е. А. Лазарев

E-mail: ershovma@vniinp.ru

Представлены результаты испытаний нового, разработанного в АО «ВНИИ НП», биоэтанольного топлива E30 (на основе нефти гидрокрекинга) на полноразмерном инжекторном двигателе. По результатам проведенных испытаний были оценены показатели эффективности, топливной экономичности и токсичности отработавших газов при работе двигателя на экспериментальных образцах биоэтанольных топлив в сравнении со стандартными автомобильными бензинами.

Ключевые слова: биоэтанольное топливо, E30, испытания на двигателе, бензин, выбросы

Results of E30 bioethanol fuel tests in a full-scale injection engine vis-à-vis standard gasolines

M. A. Ershov, I. F. Khabibullin, E. V. Grigor'eva, V. E. Lazarev, and E. A. Lazarev

The results of tests of a new E30 bioethanol fuel developed at AO VNII NP (JSC All-Russia Scientific Research Institute of Petroleum Products) in a full-scale injection engine are reported. The test results allowed determination of efficiency, fuel economy, and toxicity of exhaust gases for engines running on experimental specimens of bioethanol fuels vis-à-vis automotive gasolines.

Keywords: bioethanol fuel, E30, tests in engine, gasoline, emissions.

Влияние добавок эстеров рапсового масла на показатели качества топлив для воздушно-реактивных двигателей

С. В. Бойченко, К. Лейда, А. В. Яковлева, О. А. Вовк, Х. Кужевский

E-mail: pinchuk_anya@ukr.net

Работа посвящена разработке альтернативного смесового авиационного топлива с биоконпонентами на основе рапсового масла и изучению их физико-химических свойств. Основные характеристики нефтяного авиационного топлива и трех видов биоконпонентов исследованы и проанализированы на соответствие требованиям стандарта на авиационное топливо марки Jet A-1. Установлено, что модификация топлив для ВРД эстерами рапсового масла приводит к повышению плотности и вязкости топлива, повышению температуры застывания и расширению фракционного состава за счет роста температур конца кипения, что объясняется возрастанием энергии взаимодействия между молекулами углеводородного топлива и эстерами жирных кислот. Показано, что топлива для ВРД, модифицированные биоконпонентами в количестве до 30% об., соответствуют требованиям нормативной

документации по исследованным свойствам и могут использоваться как источник энергии ВРД.

Ключевые слова: топливо для ВРД, альтернативное топливо, биокомпонент, эстеры рапсового масла, фракционный состав, температура застывания.

Influence of rapeseed oil ester additives on fuel quality index for air jet engines

S. V. Boichenko, K. Leida, A. V. Yakovleva, O. A. Vovk, and Kh. Kuzhevskii

This work is devoted to development of an alternative blended aviation fuel containing rapeseed-oil-based biocomponents and to a study of their physicochemical properties. The basic characteristics of a petroleum aviation fuel and three types of biocomponents are studied and analyzed for conformance to standard requirements of a Jet A-1-grade aviation fuel. It is shown that modification of air-jet engine (AJE) fuels with rapeseed oil esters enhances density and viscosity of the fuel, elevates pour point, and broadens fractional composition by virtue of elevation of end-of-boiling temperatures, which is explained by increased energy of interaction between the molecules of the hydrocarbon fuel and the fatty acid esters. It is demonstrated that AJE fuels modified with up to 30 vol. % biocomponents meet the requirements of normative documents on the studied properties and can be used as a source of AJE energy

Keywords: AJE fuel, alternative fuel, biocomponent, rapeseed oil esters, fractional composition, pour point.

Гидрирование непредельных углеводородов на Pt и Pd катализаторах, инкапсулированных в мезопористых бакелитах

М. П. Бороноев, А. Б. Куликов, Е.С. Субботина, Л. А. Куликов, С.В. Егазарьянц, Ю. С. Кардашева, А. Л. Максимов, Э. А. Караханов

E-mail: kar@petrol.chem.msu.ru

Синтезированы катализаторы на основе наночастиц платины и палладия, нанесенных на мезопористый фенолформальдегидный полимер, модифицированный ионной жидкостью. С их использованием проведены и исследованы процессы гидрирования непредельных соединений на примере ациклических и циклических изопреноидов: изопрена, 2,5-диметил-2,4-гексадиена, лимонена, α -терпинена, γ -терпинена, терпинолена, а также фенилацетилена, транс-стильбена и 1,4-дифенилбутадиена-1,3. Установлено, что синтезированные катализаторы обладают высокой активностью в процессах гидрирования, при этом палладиевые катализаторы обладают большей каталитической активностью, чем платиновые. Так, в

реакциях гидрирования изопреноидов на палладиевых катализаторах основными являются продукты полного гидрирования, в то время как на платиновых — моноены.

Ключевые слова: гидрирование, палладий, платина, мезопористые материалы, непредельные соединения

Hydrogenation of unsaturated hydrocarbons on Pt and Pd catalysts incapsulated in mesoporous bakelites

M. P. Boronoev, A. B. Kulikov, E. S. Subbotina, L. A. Kulikov, S. V. Egazar'yants, Yu. S. Kardasheva, A. L. Maksimov, and É. A. Karakhanov

Catalysts based on Pt and Pd nanoparticles applied to mesoporous phenol formaldehyde polymer modified by an ionic liquid are synthesized. They are used to implement and study processes of hydrogenation of unsaturated compounds with reference to acyclic and cyclic isoprenoids, such as isoprene, 2,5-dimethyl-2,4-hexadiene, limonene, α -terpinene, γ -terpinene, as well as phenylacetylene, trans-stilbene, and 1,4-diphenyl-1,3-butadiene. It is shown that the synthesized catalysts exhibit high activity in hydrogenation processes and that Pd catalysts are more active than Pt ones. Thus, complete hydrogenation products dominate in isoprenoid hydrogenation reactions on Pd catalysts, whereas monoenes dominate in reactions on Pt catalysts.

Keywords: hydrogenation, palladium, platinum, mesoporous materials, unsaturated compounds.

Моделирование и оптимизация процесса совместного пиролиза бензина, этана и пропана

A. M. Алиев, З. А. Мамедов, А. Р. Сафаров, И. И. Османова, А. М. Гусейнова

E-mail: agil_s@mail.ru

Рассмотрены возможные варианты интенсификации пиролиза бензина: проведение процесса с разделением и возвратом образованных этана или пропана в пиролизную печь для дальнейших превращений, а также с рециркуляцией обоих углеводородов одновременно, т. е. совместного процесса пиролиза бензина, этана и пропана. Проведено сравнение выходов целевых продуктов (этилен и пропилен) во всех трех случаях с выходами углеводородов при проведении промышленного процесса без рециркуляции. Подсчитана прибыль предприятия, которая может быть получена при применении предлагаемого метода.

Ключевые слова: пиролиз бензина, пиролиз этана, пиролиз пропана, совместный пиролиз, рециркуляция, коэффициент рециркуляции.

Modeling and optimization of joint gasoline, ethane, and propane pyrolysis process

A. M. Aliev, Z. A. Mamedov, A. R. Safarov, I. I. Osmanova, and A. M. Guseinova

Possible variants of gasoline pyrolysis intensification, i.e., implementation of the process with separation and reinjection of the ethane and propane formed into the pyrolysis retort for further conversions, and recirculation of both hydrocarbons simultaneously, i.e., joint gasoline, ethane, and propane pyrolysis, are studied. Yields of target products (ethylene and propylene) in all three cases are compared with yields of hydrocarbons in industrial process without recirculation. The profit an enterprise can get by applying this method is calculated.

Keywords: gasoline pyrolysis, ethane pyrolysis, propane pyrolysis, joint pyrolysis, recycling, recycling factor.

Кинетика растворения асфальтосмолистых веществ в ароматических растворителях

Д. Б. Тагиев, Г. И. Келбалиев, Г. З. Сулейманов, С. Р. Расулов, Ф. И. Шекилиев, В. И. Керимли, Г. Р. Мустафаева

E-mail: rasulovsakit@gmail.com

Представлены экспериментальное исследование и кинетическая модель растворения асфальтосмолистых веществ в ароматическом растворителе, основанная на переносе массы в условиях изотропной турбулентности в пределах пограничного слоя. Описан вывод кинетического уравнения из условия равенства диффузионного и конвективного потоков на поверхности частицы. Определены кинетические модели и коэффициенты растворения в зависимости от температуры.

Ключевые слова: массоперенос, диффузия, асфальтосмолистые вещества, ароматические растворители, пограничный слой

Kinetics of dissolution of asphaltresinous matters in aromatic solvents

D. B. Tagiev, G. I. Kelbaliev, G. Z. Suleimanov, S. R. Rasulov, F. I. Shekiliev, V. I. Kerimli, and G. R. Mustafaeva

The results of experimental study and kinetic modeling of dissolution of asphaltresinous matters in aromatic solvents based on mass transfer under isotropic turbulence conditions within a boundary layer are presented. Derivation of a kinetic equation based on equality of diffusional and convective flows on particle surface is described. Kinetic models and dissolution coefficients as a function of temperature are determined.

Keywords: mass transfer, diffusion, convection, asphaltresinous matters, aromatic solvents, boundary layer.

Депарафинизация дизельного топлива утяжеленного фракционного состава в электрическом поле

Н. С. Яковлев, С. Г. Агаев

E-mail: yns007@rambler.ru

Изучен процесс депарафинизации дизельного топлива (ДТ) утяжеленного фракционного состава (УФС) в электрическом поле с использованием в качестве активаторов процесса композиций депрессорной присадки Dodiflow-4971 и высших жирных спиртов (ВЖС). Показано, что депарафинизация ДТ УФС обеспечивает получение ДТ с улучшенными низкотемпературными свойствами. Выход депарафинированного дизельного топлива (ДДТ) при температуре -15°C достигает 75,8% мас., а депрессия температуры помутнения составляет 17°C ; при температуре процесса -5°C выход ДДТ составляет 77,8% мас., а депрессия температуры помутнения — 11°C . Установлено влияние на показатели депарафинизации ДТ сочетания электрического заряда спиртов, генерируемого при кристаллизации, и температурной области термоэлектрических эффектов, в которой сохраняется этот заряд. Более высокие значения этих характеристик обеспечивают более высокие показатели процесса депарафинизации и качества ДДТ. Показано, что эффективность ВЖС в качестве активаторов депарафинизации возрастает в следующем ряду: тетрадеканол < гексадеканол < октадеканол < фракция ВЖС C19+ < фракция ВЖС C10–18.

Ключевые слова: дизельное топливо, депарафинизация, низкотемпературные свойства, депрессорные присадки, высшие жирные спирты, электрическое поле

Dewaxing of heavy diesel fuel in an electric field

N. S. Yakovlev and S. G. Agaev

Dewaxing of diesel fuel (DF) of heavy fractional composition (HFC) in an electric field using Dodiflow-4971 depressants as activators of the process and higher fatty acids (HFA) is studied. It is shown that dewaxing of DF of HFC allows production of DF with improved low-temperature properties. Yield of dewaxed diesel fuel (DDF) at -15°C reaches 75.8 wt. % and cloud point depression is 17°C ; at -5°C , DDF is 77.8 wt. % and cloud point depression is 11°C . It is shown that combination of electric charge of alcohols generated in the crystallization process and the temperature range of thermoelectric effects, in which this charge persists, affects the DF dewaxing indexes. At higher values of these characteristics, dewaxing and quality indexes of DDF are higher.

It is shown that effectiveness of HFA as dewaxing activators increases in the following order: tetradecanol < hexadecanol < octadecanol < C19+ HFA fraction < C10-18 HFA fraction.

Keywords: diesel fuel, dewaxing, low-temperature properties, depression additives, higher fatty acids, electric field.

Температурные свойства парафиновых композиций

Б. Е. Красавцев, Э. А. Александрова, Ж. Т. Хадисова, Б. Л. Александров

E-mail: bor11111@list.ru

Предложены графические зависимости температур начала кристаллизации, конца кристаллизации и фазовых гексагонально-ромбических H→R превращений в твердом состоянии от состава парафиновых композиций нефтяного парафина П-1 с церезинами (Ц-65, Ц-80), воском ЗВ-1 и мягкими парафинами (МП). Показано, что температуры плавления парафино-церезиновых смесей подчиняются правилу аддитивности при разнице температур плавления смешиваемых компонентов не более 15°C. Парафин П-1, мягкие парафины и воски кристаллизуются сначала в H, а затем и в R-фазе, церезины — только в R-сингонии.

Ключевые слова: парафины, церезины, воски, парафиновая композиция, температура плавления, кристаллизация, гексагонально-ромбическое превращение, диаграмма плавкости, фазовое состояние

Thermal properties of wax compositions

В. Е. Krasavtsev, É. А. Aleksandrova, Zh. Т. Khadisova, and В. L. Aleksandrov

Graphical dependencies of temperatures of crystallization start and end and of phase hexagonal-rhombic H→R conversion in solid state on wax compositions of petroleum paraffin P-1 with ceresines (C-65, C-80), wax (ZW-1), and soft paraffin (SP) are proposed. It is shown that the melting point of paraffin-ceresine mixtures obeys additivity rule provided the melting points of the mixed components do not differ by more than 15°C. Paraffin P-1, soft paraffins, and waxes crystallize initially in the H and later also in the R phase and ceresines, only in the R phase.

Keywords: paraffins, ceresines, waxes, paraffin composition, melting point, crystallization, hexagonal-rhombic conversion, meltability diagram, phase state.

Влияние нефтяных загрязнений на различные типы почв

А.Ф. Туманян, Н. В. Тютюма, А. Н. Бондаренко, Н. А. Щербакова

E-mail: aftum@mail.ru

Рассмотрено влияние нефтяных загрязнений на физико-химические свойства различных типов зональных почв аридной зоны и оценена их способность к самоочищению. На основе принципов биоиндикации по реакции сельскохозяйственных растений к загрязненной нефтью среде проведен вегетационный опыт показывающий, что культуры, имеющие разную чувствительность, в разной степени способны вегетировать и давать урожай на загрязненных нефтью почвах.

Ключевые слова: нефть и нефтепродукты, зональные почвы, нефтяные загрязнения.

Influence of oil pollution on various types of soil

A. F. Tumanyan, N. V. Tyutyuma, A. N. Bondarenko, and N. A. Shcherbakova

Oil pollution impact on physicochemical properties of various types of zonal soils in the arid zone is studied and their self-purification ability is evaluated. Based on bioindication principles concerning crops reaction to oil-contaminated environment, we conducted vegetation experiment, which indicated that crops with varying sensitivities are capable of sprouting and growing on oil-contaminated soils.

Keywords: oil and oil products, zonal soils, oil contaminants.

Применение кинетических ингибиторов образования газовых гидратов в процессах нефте- и газодобычи: текущее состояние и перспективы развития

А. Ю. Жуков, М. А. Столов, М. А. Варфоломеев

E-mail: mikhail.varfolomeev@kpfu.ru

Представлен краткий обзор используемых кинетических ингибиторов образования газовых гидратов в процессах нефте- и газодобычи. Дано общее описание механизма действия ингибиторов. Приведены структурные особенности как синтетических полимерных ингибиторов, так и ингибиторов природного происхождения. Показаны перспективы разработки новых кинетических ингибиторов гидратообразования.

Ключевые слова: газовые гидраты, кинетические ингибиторы гидратообразования, полиамиды, белки антифризы.

Use of kinetic inhibitors of gas hydrate formation in oil and gas production processes: current state and prospects of development

A. Yu. Zhukov, M. A. Stolov, and M. A. Varfolomeev

Kinetic inhibitors of gas hydrate formation in oil and gas production processes are reviewed briefly. A general description of the mechanism of inhibitor action is given. The structural distinctions of both synthetic polymeric inhibitors and natural inhibitors are indicated. Prospects of development of new kinetic inhibitors of hydrate formation are shown.

Keywords: gas hydrates, kinetic inhibitors of hydrate formation, polyamides, antifreeze proteins.