



МИР НЕФТЕПРОДУКТОВ

входит в перечень ВАК

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



ТЕМА НОМЕРА:

**Инновационные решения в
технологиях нефтепереработки**

Развитие процессов
изомеризации
парафиновых
углеводородов

6

Современное состояние
производства топлив для
реактивных двигателей

16

Деметаллизация нефти
и ее фракций

22

Новый метод контроля
содержания абразивных
частиц в дизельных
топливах

34

ОТ РЕДАКТОРА

Уважаемые читатели!

В преддверии Нового года редакция журнала представляет вам номер по Инновационным решениям в технологиях нефтепереработки. Ровно год прошел с момента полного ребрендинга, и мы благодарим всех, кто нас поддерживал в это непростое время за плодотворное сотрудничество: читателей, авторов, партнеров, компании.

Редакция журнала в дальнейшем будет публиковать самые актуальные материалы, связанные с развитием нефтехимии и нефтепереработки.

Желаем в наступающем году энергии, оптимизма, веры в будущее, удачи в большой и нужной работе, а также крепкого здоровья.

С НОВЫМ ГОДОМ!

Шеф-редактор журнала «Мир нефтепродуктов»
Воскресенская Кристиана Александровна



Учредитель

Воскресенская Кристиана Александровна
Журнал зарегистрирован Государственным комитетом
Российской Федерации по печати — свидетельство № 018580
от 5 марта 1999 г.

Издатель

© ООО ЦОП «Профессия»
Генеральный директор — Огай А. И.,
Шеф-редактор — Воскресенская К. А.,
Помощник шеф-редактора — Безель М. Г.
Компьютерная верстка издательства.
Периодичность выпуска журнала 6 номеров в год.

Контакты

190031, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
пер. Спасский, д. 2/44
e-mail: info@neftemir.ru
Цена журнала — свободная
Материалы, поступившие в редакцию, подлежат обязательному
рецензированию
Заявленный тираж 1000 экз.
© ЦОП «Профессия», 2020. Все права защищены. Никакая часть
данного издания не может быть воспроизведена в какой бы то
ни было форме без письменного разрешения владельцев
авторских прав.
Оформление, перевод: © ЦОП «Профессия», 2020

Founder

Voskresenskaia Kristiana Aleksandrovna
Magazine registered in the State Committee of the
Russian Federation for Press — Certificate No. 018580 of March 5,
1999.

Publisher

EPC «Professiya»
CEO — Ogay A. I.,
Chief editor — Voskresenskaia K. A.,
Chief editor assistant — Bezel M. G.
Computer page makeup by publishing house.
Frequency: Monthly issues, 6 volumes per year

Contacts

190031, Russian Federation, St. Petersburg, Spasskii per. 2/44
e-mail: info@neftemir.ru
© EPC «Professiya», 2020. All rights reserved (including those
of translation into other languages). No part of this issue may be
reproduced in any form by photoprinting, microfilm or any other
means — nor transmitted or translated into a machine language
without written permission from the publishers. Registered names,
trademarks, etc. used in this magazine, even when not specifically
marked as such, are not to be considered unprotected by law.
Design, translation © EPC «Professiya», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

- 6 *Шакун А. Н., Федорова М. Л., Карпенко Т. В., Демидова Е. В.*
Развитие процессов изомеризации парафиновых углеводородов
- 16 *Лихтерова Н. М.*
Современное состояние производства топлив для реактивных двигателей
- 22 *Ерохин В. В., Сухоруков Г. Б., Алиева Л. А., Викторова Н. В., Котикова Е. Д.*
Деметаллизация нефти и ее фракций

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

- 28 *Митин И. В., Татур И. Р., Смирнов К. Ю., Сулоев А. М.*
Оценка способности к лакообразованию турбинных масел
- 34 *Новиков Е. А.*
Новый метод контроля содержания абразивных частиц в дизельных топливах

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- 44 *Мойкин А. А., Меджибовский А. С., Криушин С. А., Селезнев М. В., Кириков Е. Н.*
Разработка загущенного полусинтетического масла М-5з/20 АЭРО для авиационных поршневых четырехтактных бензиновых двигателей беспилотных летательных аппаратов
- 48 *Антонов С. А., Куцевич Е. А., Матвеева А. И., Бартко Р. В.*
Интенсификация процесса получения базовых основ как основных компонентов низкокзастывающих смазочных материалов
- 52 *Кязим-заде А. К., Нагиева Э. А., Мамедьярова Х. Н., Гадир А. А., Рзаева И. А.*
Многофункциональные алкилфенолятные присадки к моторным маслам
- 56 *Иванов А. В.*
Многофункциональное масло для наземной военной техники армии США

ХИММОТОЛОГИЯ

- 62 *Крижевская Э. Т., Сентюрихина М. И., Бартко Р. В., Данилов А. М.*
Пластичные смазки, модифицированные графеном



Журнал по решению ВАК Минобрнауки России включён в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук».
Журнал включён в Российский индекс научного цитирования.

CONTENTS

CHEMISTRY AND TECHNOLOGIES OF OIL-REFINING

- 6 *Shakun F. N., Fedorova M. L., Karpenko T. V., Demidova E. V.*
Development of paraffin hydrocarbons isomerization processes
- 16 *Lihterova N. M.*
Current state of production of jet engine fuel
- 22 *Erokhin V. V., Suhorukov G. B., Alieva L. A., Viktorova N. B., Kotikova E. D.*
Demetallization of petroleum and its fractions

ANALYTICAL METHODS FOR QUALITY CONTROL OF PETROLEUM AND PETROLEUM PRODUCTS

- 28 *Mitin I. V., Tatur I. R., Smirnov K. U., Suloev A. M.*
Assessment of ability to varnish turbine oils
- 34 *Novikov E. A.*
New method for controlling the content of abrasive particles in diesel fuels

LUBRICANTS

- 44 *Moykin A. A., Medzhibovsky A. S., Kriushin S. A., Seleznev M. V., Kirikov E. N.*
Development of thickened semi-synthetic engine oil M-5z / 20 AERO for four-stroke gasoline engines aircraft piston of unmanned aerial vehicles (UAVs)
- 48 *Antonov S. A., Kutsevich E. A., Matveeva A. I., Bartko R. V.*
Intensification of the process of obtaining basic bases as the basic components of low-curing lubricants
- 52 *Kazimzadeh A. K., Nagiyeva E. A., Mammadyarova Kh. N., Gadirov A. A., Rzayeva I. A.*
Multifunctional alkylphenolate additives to motor oils
- 56 *Ivanov A. V.*
The multifunction oil for US Army tank and automotive vehicles

CHEMOTOLOGY

- 62 *Krizhevskaya E. T., Sentyurikhina M. I., Bartko R. V., Danilov A. M.*
Graphene modified greases



ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Капустин В. М. – д-р техн. наук, профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Караханов Э. А. – д-р хим. наук, профессор, МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Винокуров В. А. – д-р хим. наук, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, Россия

Гришин Н. Н. – д-р техн. наук, Профессор, 25-й ГосНИИ химмотологии МО РФ, Москва, Россия

Егазарьянц С. В. – д-р хим. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Локтев А. С. – д-р хим. наук, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, Россия

Лысенко С. В. – д-р хим. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

Максимов А. Л. – Член-корреспондент РАН, доктор химических наук, ИНХС им. А. В. Топчиева РАН, Москва

Митусова Т. Н. – д-р техн. наук, профессор, АО «ВНИИ НП», Москва, Россия

Рудяк К. Б. – д-р техн. наук, профессор, Генеральный директор ООО «РН-ЦИР», Москва, Россия

Серёгин Е. П. – д-р техн. наук, 25-й ГосНИИ химмотологии МО РФ, Москва, Россия

Соловьянов А. А. – д-р хим. наук, профессор, ВНИИ Экология, Москва, Россия

Спиркин В. Г. – д-р техн. наук, Профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, Россия

УВэй – профессор, Институт химии, химической технологии и материаловедения Хэйлунцзянского университета, Харбин, КНР

Цветков О. Н. – д-р техн. наук, ИНХС им. А. В. Топчиева РАН, Москва, Россия

Чернышева Е. А. – канд. хим. наук, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, Москва, Россия

Ярославов А. А. – д-р хим. наук, чл.-корр. РАН, МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

EDITOR-IN-CHIEF

Prof. *Kapustin V. M.* – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

EDITORIAL COUNCIL

Prof. *Karakhanov E. A.* – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

EDITORIAL BOARD

Chernishova E. A. – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

Egazar'yants S. V. – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Grishin N. N. – The 25th State Research Institute of MD of Russian Federation, Moscow, Russia

Prof. *Loktev A. S.* – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

Prof. *Lysenko S. V.* – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Prof. *RAS Maksimov A. K.* – A. V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, RAS, Moscow, Russia

Prof. *Mitusova T. N.* – All-Russian Research Institute of Oil Refining, Moscow, Russia

Rudyak K. B. – RN-CIR, CEO, Moscow, Russia

Prof. *Seregin E. P.* – The 25th State Research Institute of MD of Russian Federation, Moscow, Russia

Prof. *Solov'yanov A. A.* – All-Russian Research Institute of Ecology, Moscow, Russia

Spirkin V. G. – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

Tsvetkov O. N. – A. V. Topchiev Institute of Petrochemical Synthesis, RAS, Moscow, Russia

Vinokurov V. A. – Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

Prof. *Wu Wei* – Institute of Chemistry, Chemistry technology and Materials Science, Heilongjiang University, People's Republic of China

Prof. *Yaroslavov A. A.* – Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ОРГАНИЗАТОРЫ



ПРАВИТЕЛЬСТВО
РЕСПУБЛИКИ
БАШКОРТОСТАН



МИНИСТЕРСТВО
ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
ЭНЕРГЕТИКИ И ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН



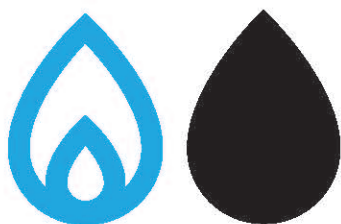
ТРАДИЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



МИНИСТЕРСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ РФ



МИНПРОМТОРГ
РОССИИ



Российский нефтегазохимический форум



ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ

29 специализированная выставка

25-28.05 2021 УФА  ВДНХ ЭКСПО
Менделеева, 158



Нефтяное
направление



Химия.
Нефтехимия



Инновации
газовой отрасли



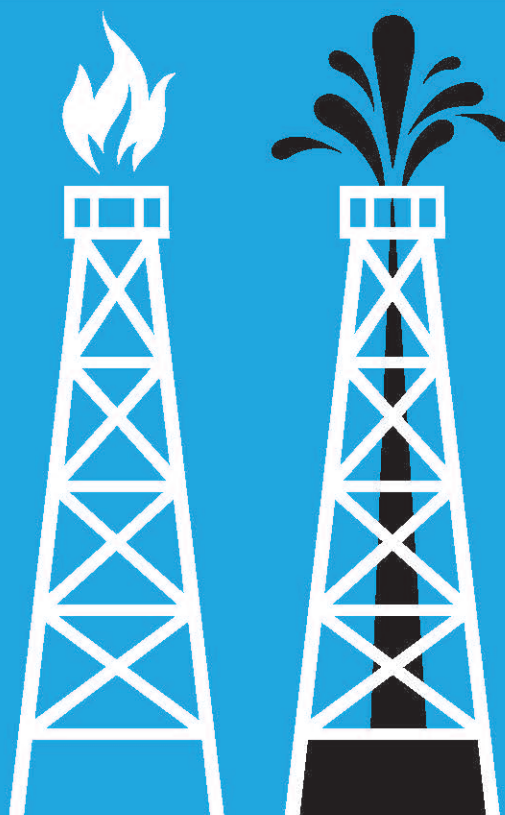
Газомоторное
топливо



Сервисное
направление



Промышленная
безопасность и экология



 GNTEXPO.RU  @GAZNEFTUFA #ГАЗНЕФТЬУФА #ГАЗНЕФТЬТЕХНОЛОГИИ #ГНТ #GASOILEXPO



По вопросам выставки

Бронь стенда www.gntexpo.ru
+7 (347) 246-41-77 gasoil@bvkeexpo.ru



Мероприятие проводится с учетом всех требований Роспотребнадзора

По вопросам форума

Регистрация на форум www.gntforum.ru
+7 (347) 246-42-81 kongress@bvkeexpo.ru

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗОМЕРИЗАЦИИ ПАРАФИНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Ключевые слова: изомеризация, парафиновые углеводороды, октановое число, хлорированные катализаторы, цеолитные катализаторы, оксидноциркониевые сульфатированные и вольфраматированные катализаторы, экология, анализ рисков, эксплуатационные затраты.

Рассмотрена история развития процессов изомеризации парафиновых углеводородов $C_4 - C_7$. Отмечено изменение требований к технологиям и катализаторам в ответ на формирование новых потребностей промышленности и экологии. Представлен сравнительный анализ различных промышленных катализаторов и технологий изомеризации. Приведены новейшие направления в производстве индивидуальных парафиновых углеводородов.

УДК 66.097

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-6-14

1. Введение

История развития процессов изомеризации парафиновых углеводородов неразрывно связана с различными типами катализаторов.

В 1933 году К. Неницеску и А. Драганом опубликованы первые результаты экспериментов по изомеризации *n*-гексана и *n*-гептана на хлориде алюминия в присутствии производных галогенов. В 1935 году советским ученым Б. Л. Молдавским открыта возможность промотирования реакции изомеризации хлористым водородом, а в 1936 году русским ученым академиком В. Н. Ипатьевым (был вынужден уехать из СССР в 1930 году в США и там был приглашен в компанию UOP, США) показана возможность получения изобутана изомеризацией *n*-бутана на хлориде алюминия, промотированным хлористым водородом. Первое промышленное внедрение этого процесса было осуществлено в 1941 году и оказало огромное значение во Второй мировой войне, поскольку процесс изомеризации *n*-бутана обеспечил сырьевой базой производство высокооктанового алкилата, необходимого для военной авиации. В дальнейшем процесс претерпевал различные модификации, а в 1959 году была введена в эксплуатацию первая установка Butamer с применением в качестве катализатора хлорированного оксида алюминия. В 1987 году технология Butamer была реализована с подачей водорода на проток и в таком виде остается практически неизменной до настоящего времени.

История повторилась и с другим процессом UOP – Repex – изомеризацией пентан-гексановых фракций на хлорированном оксиде алюминия. Первые установки были спроектированы с циркуляцией водорода, последующие – с подачей водорода на проток.

В начале 1990-х годов компания Axens (Франция) также разработала близкий по составу хлорированный алюмоплатиновый катализатор IS-614A, который успешно применялся на промышленных

установках. В то же время с начала 1990-х годов Akzo Nobel Catalysts объединилась с Total для разработки высокоактивных хлорированных катализаторов изомеризации. К ним относятся AT-2, AT-10 и AT-20, которые успешно использовались в промышленности. Затем, в начале 2000-х, Axens совместно с Akzo Nobel Catalysts представила на рынок катализатор ATIS-2L, отличавшийся высокой активностью и более низким насыпным весом [1].

В 2003 году состоялась первая промышленная загрузка катализатора ATIS-2L и в настоящее время его продолжают широко использовать на промышленных установках изомеризации наряду с хлорированными катализаторами UOP.

Технологическое оформление реакторного блока установок, лицензированных компанией Axens, с использованием катализатора ATIS-2L близко к установкам Repex с подачей водорода «на проток».

Хлорированные алюмоплатиновые катализаторы процесса изомеризации работают при низких температурах, термодинамически благоприятных для образования разветвленных парафиновых углеводородов $C_4 - C_6$. Это является главной причиной их широкого промышленного применения. Однако установки, в которых используется данный тип катализатора, обладают рядом недостатков.

В первую очередь установки не отвечают современным требованиям экологии и наносят значительный ущерб окружающей среде, так как необходима постоянная подача хлорирующего реагента в сырьё. Постоянная подача хлорорганических соединений приводит к коррозии металла, рискам аварийных простоев, необходимости нейтрализации углеводородных газов с последующей утилизацией щелочных отходов.

Другим недостатком катализаторов на основе хлорированного оксида алюминия с нанесенной платиной является чрезвычайно высокая чувствительность к микропримесям H_2O и кислородсодер-

Таблица 1

Расходы реагентов и образование отходов	
Реагент	Расход, кг/сут
Перхлорэтилен	~530
Концентрированный едкий натр	~2600
Очищенная вода на разбавление	~10 000–15 000
Отходы на утилизацию	~13 000

жащим соединениям. Несмотря на глубокую осушку сырья и водорода и дополнительную адсорбционную очистку гидроочищенного сырья от микропримесей сернистых соединений, катализатор имеет короткий срок службы. Это потребовало оформления реакторного блока в виде двух идентичных реакторов с симметричной обвязкой, позволяющей заменять дезактивированный катализатор на ходу.

Необходимость постоянной подачи хлорирующего реагента при эксплуатации хлорированных катализаторов также требует существенных затрат, связанных с эксплуатацией установок и утилизацией отходов.

Усредненные ежедневные расходы реагентов и образование отходов на примере установки производительностью 600 тыс. тонн в год представлены в табл. 1.

Кроме этого, анализ ситуаций, возникающих на действующих производствах, применяющих хлорированные катализаторы изомеризации, показывает, что нефтехимические и нефтеперерабатывающие предприятия сталкиваются с весьма серьезными рисками. К ним относятся:

- отравление катализатора влагой или микропримесями серы вследствие отказа автоматики или ошибки оператора;
- проскок хлорорганического соединения в товарный продукт вследствие байпасирования слоя катализатора или снижения активности металлической функции катализатора;
- выход из строя скруббера очистки отходящего газа вследствие коррозии оборудования или иных причин.

Вследствие перечисленных недостатков установок изомеризации на основе высокохлорированного оксида алюминия еще в 1960–70-е годы появилась технология изомеризации C_5 – C_6 фракций с использованием цеолитных катализаторов, не имеющих перечисленных выше экологических недостатков. Промышленное применение получили технологии тех же компаний UOP и Axens и компании Sud-Chemie (Германия). Но из-за значительно более высокой термодинамически неблагоприятной рабочей температуры (250–280° С) эффективность цеолитных катализаторов существенно ниже.

Для повышения эффективности цеолитных катализаторов предлагались различные инженерные решения. Так, в 1975 г. была введена в эксплуатацию первая установка Полной Изомеризации (TIP), спроектированная компанией UOP. Более высокое октановое число изомеризата (86–88 пунктов) стало достижимо за счет применения/внедрения процесса адсорбции углеводо-

родов в паровой фазе, суть которого заключалась в избирательной адсорбции нормальных парафинов с целью их рециркуляции в реактор [2].

Поскольку адсорбционная система не позволяет выделять из продукта монозамещенные изомеры C_6 и нафтеновые углеводороды, такое решение малоэффективно для переработки пентан-гексановой фракции с высоким содержанием углеводородов C_6 . Поэтому после введения современных экологических стандартов на автобензины, обуславливающие необходимость увеличения доли высокооктанового изомеризата, строительство новых установок, спроектированных для цеолитных катализаторов, прекратилось.

Первой организацией, которая попыталась разрешить создавшееся положение в производстве автобензинов, снова была компания UOP. В 90-х годах была разработана новая технология изомеризации C_5 – C_6 фракций с использованием в качестве катализатора сульфатированного оксида циркония, промотированного платиной. После завершения своих разработок компания UOP представила катализатор LPI-100 и соответствующий процесс изомеризации Par-Isom как более надежную и экологически чистую альтернативу процессу Penex, но уступающую ему по октановому числу изомеризата [2, 3]. Внедрение процесса предлагалось для заводов, на которых применение хлорированной технологии не представлялось возможным, в том числе и как решение для перевода на процесс изомеризации установок риформинга со стационарным слоем. Несмотря на более низкое октановое число изомеризата технология быстро получила промышленное внедрение и в настоящее время представлена на рынке.

Российская компания НПП Нефтехим приступила к разработке промышленных катализаторов и технологий изомеризации только в конце 90-х годов, когда в России появились первые экологические требования по снижению ароматических углеводородов в товарных автобензинах. До этого компания успешно проявила себя в разработке, производстве и внедрении катализаторов риформинга на установках со стационарным слоем катализатора и располагала обширным собственным научным материалом в области изомеризации, в том числе на сверхкислотных катализаторах.

Первое промышленное внедрение цеолитного катализатора изомеризации СИ-1 [4] в 1999 году на Рязанском НПЗ было успешным, но постоянно повышающиеся требования к автобензинам мобилизовали компанию к созданию нового катализатора и технологии изомеризации на основе сульфатированного оксида циркония, способного конкурировать по активности не только с появив-

ЛАБОРАТОРИЯ И ПРОИЗВОДСТВО



ИЗДАНИЕ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

в химии, материаловедении, науках о жизни, нано- и микротехнологиях

О ЖУРНАЛЕ

ПЕРИОДИЧНОСТЬ: 6 номеров в год

ТИРАЖ: 4500 экз.

ОБЪЕМ: 120 полос

ОСНОВНАЯ ТЕМА. Создание и исследование новых веществ и материалов – от фундаментальной науки до промышленных производств. Методы, технологии, решения, инструменты.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: Алексей Константинович Буряк, член-корреспондент РАН, д.х.н., профессор, директор Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН

КОНТАКТЫ

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА: Дмитрий Гудилин, к.т.н., dmitrygudilin@yandex.ru

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР: Наталья Василевич, к.х.н., nvasile2003@yahoo.com

РЕКЛАМА, ПОДПИСКА: Ольга Шахнович, director@labpro-media.ru; rec-tech@mail.ru

Лихтерова Н. М., д-р техн. наук
(ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», Москва)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВ ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Ключевые слова: топлива для реактивных двигателей, противоизносная присадка, антиокислительная присадка, технология производства топлив для реактивных двигателей.

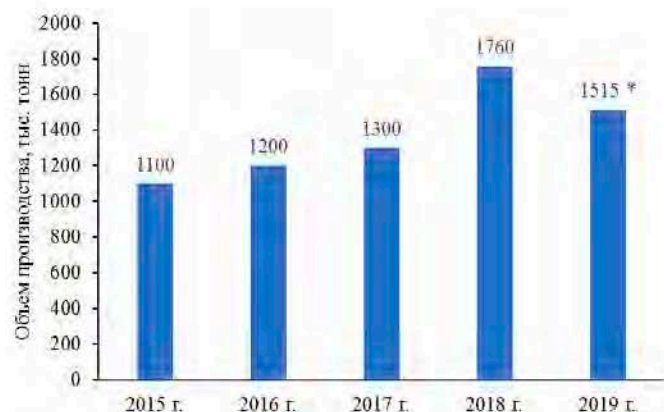
Приведен аналитический обзор по состоянию производства и спроса на топливо для реактивных двигателей. Рассмотрены вопросы, связанные с технологией получения и компонентным составом.

Представлены данные по объему производства топлива для реактивных двигателей марок ТС-1 и РТ, а также перечислены основные производители. Показано основное отличие топлив марок Т-8В и Т-6, созданных специально для военной сверхзвуковой авиации, от марки топлива ТС-1, и проведена оценка потребности топлив марок Т-6 и Т-8В с учетом современного боевого состава Вооруженных сил РФ. Поднят вопрос о различных технологиях производства и состава топлив марки ТС-1 и о различии между марками топлив ТС-1 и РТ. Перечислены зарубежные присадки, применяемые при производстве, использование которых в условиях экономических санкций со стороны США и стран Европейского Союза ставит в зависимость производство отечественных топлив для реактивных двигателей от поставок из-за рубежа, что представляет потенциальную угрозу национальной безопасности России. Представлены возможные пути получения отечественных присадок для топлив.

УДК 621.436+621.89.017

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-16-21

Отечественная нефтеперерабатывающая промышленность полностью обеспечивает потребности страны в топливах для реактивных двигателей. При этом за последние 10 лет наблюдается прирост производства топлив для реактивных двигателей. По сравнению с 2009 г. производство авиационных керосинов увеличилось в 1,5 раза [1]. На рис. 1 приведены данные по объему производства топлива для реактивных двигателей в ПАО «Славнефть–ЯНОС» за 2015–2019 гг., из которого видно, что, по мнению экспертного сообщества, в перспективе ожидается плановый рост спроса на авиационный керосин [1].



За 11 месяцев 2019 г.

Рис. 1. Объем производства топлив для реактивных двигателей в ПАО «Славнефть–ЯНОС»; объемы производства на этом предприятии выросли за 5 лет на 60 % отн.

За 11 месяцев 2019 г. в России было произведено 11567,7 тыс. т топлива для реактивных двигателей марок ТС-1 и РТ. Это на 13 % больше, чем в 2016 г. [1].

В общем объеме производства моторных топлив доля авиационных топлив составляет 8,8 %. Выход на 1 тонну перерабатываемой нефти составляет 3,85 % [2, 3].

Основными производителями топлива для реактивных двигателей являются: Лукойл (2618,0 тыс. т), Газпромнефть (2184,5 тыс. т) и Роснефть (2163 тыс. т) (табл. 1) [3].

Производство топлив для реактивных двигателей в России осуществляют 27 предприятий. Реактивное топливо ТС-1, производимое компанией НОВАТЭК Усть-Луга (992,0 тыс. т), полностью экспортируется в Западную Европу. На внутреннем рынке России по объему производства и потребления лидирует топливо марки ТС-1. Это топливо производит 21 предприятие по разным технологиям: прямой перегонкой, гидродемеркаптаннизацией, стандартной гидроочисткой, глубокой гидроочисткой, гидрокрекингом вакуумных погонов. При этом эта марка топлива в зависимости от компонентного состава может быть разделена на три вида (табл. 2). Топливо РТ производят шесть предприятий, используя следующие технологические процессы: стандартную гидроочистку, глубокую гидроочистку и гидрокрекинг вакуумных погонов [4, 5].

Таблица 1

Объемы производства топлив для реактивных двигателей за 11 месяцев 2019 г.		
Компания/завод	Объем производства, тыс. т	Марка топлива
НК Роснефть, в том числе:	2163	По всем маркам топлив
Ангарский НХК	438,9	ТС-1
Ачинский НПЗ ВНК	108,2	ТС-1
Комсомольский НПЗ	188,6	ТС-1
Красноленинский НПЗ	19,7	ТС-1
Нижевартовский НПЗ	114,7	ТС-1
Новокуйбышевский НПЗ	289,4	РТ
Рязанский НПЗ	1003,8	ТС-1
Лукойл, в том числе:	2618,0	По всем маркам топлива
Волгограднефтепереработка	1119,5	ТС-1
Когалымнефтегаз	18,1	ТС-1
Нижегороднефтеоргсинтез	777,1	ТС-1
Пермнефтеоргсинтез	703,3	РТ
Газпромнефть, в том числе:	2184,5	ТС-1
Московский НПЗ	634,7	ТС-1
Омский НПЗ	1549,8	ТС-1
ННК Хабаровский НПЗ	179,5	РТ
Киришинефтеоргсинтез	604,8	ТС-1
Славнефть «Ярославнефтеоргсинтез»	1515,4	ТС-1
Татнефть «ТАНЕКО»	454,6	РТ
Газпром, Сургутский ЗСК	61,6	ТС-1
Газпром, Уренгойский ЗПКТ	30,9	ТС-1
Русснефть, Варьеганнефть	5,1	ТС-1
АНК Башнефть-Новоил	193,0	ТС-1
НОВАТЭК-Усть-Луга	992,0	ТС-1 (экспорт)
Орскнефтеоргсинтез	201,7	РТ
ТАИФ-НК	67,7	РТ
Антипинский НПЗ	124,1	ТС-1
Краснодарэконнефть	7,4	ТС-1
Марийский НПЗ	163,8	ТС-1

Таблица 2

Перечень НПЗ, производящих топлива для реактивных двигателей		
Наименование предприятий изготовителей		
ТС-1 прямогонное	ТС-1 смесевое	ТС-1, РТ-гидрогенизационные процессы гидрогенизационные
Ангарский НХК	Башнефть-Новоил	Хабаровский НПЗ
Уренгойский ЗПКТ	Московский НПЗ	ТАНЕКО
Когалымнефтегаз	РНПК	ТАИФ-НК
Марийский НПЗ	Омский НПЗ	Лукойл-Пермнефтеоргсинтез
ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка»	Киришинефтеоргсинтез	Новокуйбышевский НПЗ
Краснодарэконнефть	Ярославльнефтеоргсинтез	Орскнефтеоргсинтез
Комсомольский НПЗ	Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез	
Варьеганнефтегаз		
Антипинский НПЗ		
Ачинский НПЗ ВНК		

Область применения топлив для реактивных двигателей	
Марка топлива	Уровень теплонапряженности ГТД, предельная температура нагрева
ТС-1, ГОСТ 10227 Джет А-1, ГОСТ Р 52050	120° С – средний уровень теплонапряженности ГТД для летательных аппаратов массового назначения
РТ, ГОСТ 10227	180° С – высокий уровень теплонапряженности ГТД для летательных аппаратов массового назначения
Т-8В, ГОСТ 12308	250° С – высокий уровень теплонапряженности ГТД для летательных аппаратов с большой дальностью полета специального назначения
Т-6, ГОСТ 12308	300° С – высокий уровень теплонапряженности ГТД для летательных аппаратов узкоспециального назначения с большой дальностью, высотностью и продолжительностью полета

Таким образом, ассортимент выпускаемых топлив ограничивается двумя марками – ТС-1 и РТ, хотя нормативной документацией предусмотрено пять марок топлив для реактивных двигателей (табл. 3).

Производство отечественного аналога Джет А-1 в ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез», ООО ПО «Киришинефтеоргсинтез» и АО «ТАНЕКО» осуществляется по специальным договорам небольшими партиями и существенного влияния на баланс объема производства авиационного керосина на предприятии не оказывает, так как учитывается как топливо ТС-1. Отечественные и зарубежные авиаперевозчики предпочли более качественное отечественное топливо ТС-1. Так, в 2009 г. в ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» было произведено 491 тыс. т топлива Джет А-1, а к 2012 г. объем производства снизился более чем в 10 раз и составил всего 43 тыс. т, в последующем производство топлива данной марки на российских заводах ОАО «Лукойл» не планируется [6].

Топлива марок Т-8В и Т-6, созданные специально для военной сверхзвуковой авиации, отличаются от массовой марки топлива ТС-1 в первую очередь высокой плотностью – не менее 800 кг/м³ для топлива Т-8В и не менее 840 кг/м³ для топлива Т-6. Повышенная плотность указанных топлив позволяет увеличить дальность полета самолетов при взлете с полностью заправленными баками на 6-7 % по сравнению с полетом на топливе ТС-1. Высокая термоокислительная стабильность топлив Т-6 и Т-8В позволяет полнее использовать их физический хладоресурс для охлаждения масла в двигателе и агрегатов бортового радиоэлектронного оборудования, что обеспечивает дополнительное повышение боевой эффективности существующих и перспективных авиационных комплексов дальней авиации, ПВО и ВМФ. Кроме того, топливо Т-6 имеет самые лучшие характеристики по взрывопожароопасности – температура вспышки ниже 62° С, что обеспечивает более безопасную эксплуатацию отечественных авианесущих кораблей.

Производство термостабильных топлив Т-6 и Т-8В для военной сверхзвуковой авиации в силу

технических и экономических причин было прекращено в 90-х годах. Проведенная в последние десятилетия масштабная модернизация отечественных НПЗ позволила создать технологическую базу для восстановления производства топлив Т-6 и Т-8В в России. По оценкам ВНИИ НП стоимость производства топлива Т-8В не будет отличаться от стоимости топлива ТС-1, а стоимость топлива Т-6 будет превышать на 10–30 % (в зависимости от объема производства) стоимости топлива ТС-1 [7, 8]. С учетом современного боевого состава Вооруженных сил РФ потребность в топливах Т-6 и Т-8В оценивается в 150–250 тыс. т ежегодно.

В общем объеме производства доля топлива РТ составляет 1896 тыс. т (см. табл. 1). Большой объем производства топлива ТС-1 связан с тем, что в настоящее время основным заказчиком авиационного топлива является гражданская авиация, которая потребляет около 80 % производимого авиакеросина. Поставки топлива по Гособоронзаказу не превышают 13 %.

Для гражданской авиации основной маркой топлива является ТС-1, поэтому отечественные производители, подстраиваясь под требования потребителя, переводят свою продукцию в марку ТС-1, и большой объем производства топлива ТС-1 – это не отражение реальной картины производства, а только маркетинговый ход. Суть вопроса заключается в следующем. В классическом понимании топливо ТС-1 должно представлять собой керосино-газойлеву фракцию прямой перегонки нефти без присадок, а топливо РТ – гидроочищенные керосино-газойлевые фракции с обязательным введением противоизносной и антиокислительной присадок. Компонентный состав современных отечественных топлив марки ТС-1 представлен на рис. 2.

Фактически же на российские НПЗ поступают на переработку сернистые и высокосернистые нефти, что вынуждает производителей производить гидроочистку керосиновых фракций и вводить противоизносную и антиокислительную присадки, то есть переходить на технологию производства топлива РТ. Но потребитель требует топливо ТС-1, и появляется смесевое топливо ТС-1, когда в гидроочищенную фракцию

Ерохин В. В.¹, проф., д-р ф.-м. наук, Сухоруков Г. Б.², проф., Алиева Л. А.³, ст. аналитик, Викторова Н. В.³, ст. советник, Котикова Е. Д.³, аналитик МЭАЦ СНГПР

(¹Институт материалов для электроники и магнетизма, г. Парма, Италия; ²Лондонский Университет Королевы Марии, Лондон; ³Межотраслевой экспертно-аналитический центр СНГПР, Москва)

ДЕМЕТАЛЛИЗАЦИЯ НЕФТИ И ЕЕ ФРАКЦИЙ

Ключевые слова: нефть, деметаллизация, гипергенез, металлоорганика, порфириновые и тетрапиррольные комплексы, ванадий, никель, гидрооблагороживание, экстракция, адсорбция, УМК.

УДК 665.6

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-22-25

Нефть – один из основных источников топлива и сырья для нефтехимии, объемы добычи которого колоссальны, поэтому актуальность проблем, связанных с ее очисткой, переработкой и транспортом не вызывает сомнений. На сегодняшний день характерной особенностью современной нефтедобычи является увеличение в мировой структуре сырьевых ресурсов доли трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), к которым относится тяжелая нефть с вязкостью 30 мПа·с и выше. Запасы таких видов нефти составляют не менее 1 трлн тонн. Россия занимает третье место в мире после Канады и Венесуэлы [1]. Подобное тяжелое нефтяное сырье (ТНС) становится востребованным в экономике РФ, так как наблюдаются:

- растущее потребление нефти и нефтепродуктов;
- истощение ранее разведанных запасов;
- стремление экспортировать высокие сорта нефти.

Исходя из этого, чтобы увеличить эффективную добычу и переработку ТНС, необходимо находить новые технологические решения или усовершенствовать прежние подходы.

Формирование ТНС

В процессе геологической эволюции сформированные нефтяные месторождения могут подвергаться воздействию температуры, изменению давления и состава пластовых вод, а также различным окислительным процессам, результатом которых является изменение углеводородного состава нефти, ее осернение, утяжеление, обогащение гетероатомными ВМС и нафтенно-ароматическими углеводородами. Помимо этого, происходит образование дополнительных количеств асфальтенов и смол, которые способны поглощать металлы, из пластовых вод. Обогащение нефти ванадием имеет многократно повторяющийся характер в длительном процессе формирования залежей в результате активного гипергенеза.

При контакте инфильтрационных ванадийсодержащих вод с углеводородами часть растворенного в воде ванадия поглощается высокомолекулярными компонентами нефти. После этого происходит интенсификация окислительных процессов, в результате которых образуется дополнительное количество асфальтенов и смол, способных поглощать комплексы ванадия [2]. Кроме этого, высокое содержание ванадия может быть вызвано внутрислоевой деасфальтизацией, которая происходит в результате поступления в нефть легких алканов. Следовательно, различие состава тяжелой нефти (ТН) с повышенным содержанием ванадия обусловлено влиянием нескольких природных процессов и термобарических параметров [3].

ТНС как источник получения металлов

Присутствие металлических соединений в нефти и пластовых водах было открыто в 80-х годах XIX века. На сегодняшний день идентифицировано около 30 элементов, представляющих собой асфальтены, различные смолистые вещества, галогениды, а также порфириновые и тетрапиррольные комплексные соединения с атомной единицей массы более 50 [4, 5].

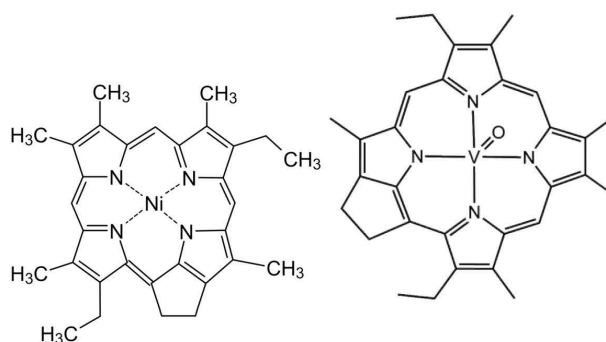


Рис. 1. Порфириновые комплексы никеля и ванадия

В золе нефти были найдены Zn, Co, Fe, Cr, Mo, V, Ni, Hg, Cu и другие металлы, попавшие в нефть в далеком геологическом прошлом. Наиболее распространенными являются соединения ванадия и никеля, концентрация которых в тяжелых сортах нефти достаточно высока для их целесообразного извлечения [6].

Очевидно, что присутствие металлоорганики в нефти влекут за собой определенные последствия, как отрицательные, так и положительные.

Отрицательные последствия:

- понижение качества нефтепродуктов;
- понижение рабочих характеристик катализаторов, вплоть до их дезактивации;
- коррозия оборудования на всех этапах переработки и последующего использования нефтепродуктов, причиной чему служат образующиеся в результате сжигания неорганические соединения V (ванадаты натрия). Именно они являются одной из главных причин коррозии высокотемпературных поверхностей;
- серьезный экологический ущерб при использовании нефтепродуктов с высоким содержанием металлоорганики, т. е. при их сжигании в атмосферу выбрасываются токсичные соединения металлов и рассеиваются по большой территории [7].

Положительные последствия:

- нефть, а в особенности ее тяжелые сорта, – дополнительные альтернативные источники добычи редких металлов, имеющие промышленное значение. Их концентрация может превышать в десятки и более раз их же количества в самых богатых рудах.

В практике многих зарубежных стран получение ванадия из нефти является крупномасштабным источником его промышленного использования, сравнимого по объемам с получением из рудного сырья [8].

Таким образом, меры, которые следует предпринять для извлечения металлов из сырья в связи с их отрицательным действием на экологию, оборудование и качество нефтепродуктов, могут частично или полностью окупиться благодаря использованию извлеченных компонентов.

Запасы ТНС

Объем запасов тяжелых углеводородов в России оценивается примерно в 7 млрд тонн. Бесспорным лидером является Волго-Уральский регион, в котором разрабатываются месторождения тяжелой нефти с общим объемом около 5 млн тонн в год с содержанием ванадия и никеля порядка 0,03 % по массе. Это позволяет рассматривать данные месторождения как сырьевой источник выше.

Помимо этого, тяжелая нефть также скрыта в недрах Западной Сибири, Татарстана, Пермского края, Башкирии и на территории Краснодарского края и Сахалина и др. [9].



Рис. 2. Условное распределение ТНС на территории РФ

Таблица 1

Содержание ванадия в различном сырье	
Промышленно осваиваемые руды	500–1000 г/т
Высоковязкие нефти и природные битумы	700–1000 г/т
Обычные нефти	>100 г/т

Существующие технологии очистки нефти

Поскольку объемы запасов ТНС колоссальны, во многих промышленно-развитых странах мира тяжелая нефть рассматривается в качестве основной базы развития нефтедобычи на ближайшие годы. Однако освоение месторождений и ее переработка сдерживаются отсутствием эффективных технологий, позволяющих вести рентабельное извлечение углеводородов и получать высококачественные и конкурентоспособные продукты.

Помимо вышеупомянутых причин, очистка нефти во время первичной переработки влечет за собой ряд положительных следствий:

- повышение качества нефти и соответственно ее стоимости при экспорте;
- минимизирование проблем при транспортировке;
- селективное использование извлекаемых примесей.

Поговорим немного о существующих методах очистки углеводородного сырья. Их можно разделить на две группы:

недеструктивное выделение в отдельную фазу компонентов, содержащих основную часть тех или иных микроэлементов (экстракционные и адсорбционные методы)	деструкция этих компонентов с помощью химических или термических факторов (гидрогенизационные, термические, химические методы)
---	--

Наибольший объем перерабатываемого нефтяного сырья облагораживается технологиями, в основе которых лежит деструктивный метод, причиной чему служат их производительность и эффективность. Данные процессы относятся к зоне переработки нефти и подразумевают использование жестких условий (высокие температуры), в которых исходная смесь углеводородов перестает быть нефтью и делится на фракции. В результате такого подхода большая часть металлов концентрируется в остаточных фракциях – асфальте или коксе. Упомянутая группа гидрогенизационных и термических процессов хорошо известна, изучена

КОНГРЕСС И ВЫСТАВКА ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПРИМЕНЕНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ И КОТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ

(биобутанол, биоэтанол, бионефть, пеллеты, брикеты и другие биотоплива)



14-15 апреля 2021

Отель «Холидей Инн Лесная», Москва

+7 (495) 585-5167

congress@biotoplivo.ru

www.biotoplivo.ru

Темы конгресса

- Состояние отрасли: развитие технологий и рынка биотоплив.
- Биозаводы: инжиниринг, производимые продукты, экономика.
- Производство пищевого и технического спирта: тонкости технологии, реконструкция заводов, новые виды сырья.
- Перепрофилирование спиртовых заводов на производство кормовых дрожжей и других биопродуктов.
- Топливный биоэтанол, бутанол и другие транспортные биотоплива.
- Биотоплива из соломы и опилок: технологии и коммерциализация.
- Пиролиз и газификация: бионефть и сингаз. Стандарты и рынок печного биотоплива.
- Биодизель, биокеросин и растительные масла как топливо.
- Твердые биотоплива: пеллеты, брикеты, щепа.
- Логистика лесной и сельскохозяйственной биомассы.
- Энергетика и водоподготовка при реализации проектов.
- Другие вопросы биотопливной отрасли.

Технический семинар «СпиртЭксперт»

«Технология производства спирта и обеспечение бесперебойной работы спиртового производства» пройдет 16 апреля 2021 года.

Кто будет участвовать:

Производители и трейдеры зерна, сахарные компании, лесозаготовители и переработчики древесины, ЦБК, нефтеперерабатывающие компании, ЖКХ, сети АЗС, предприниматели, банки, венчурные компании, инвестиционные фонды, инжиниринговые компании, производители оборудования, представители региональной и федеральной власти, журналисты и все, кому интересны топлива из возобновляемого сырья.

Российская
Биотопливная
Ассоциация™

Митин И. В.¹, канд. техн. наук, Татур И. Р.², канд. техн. наук, Смирнов К. Ю.³, Сулоев А. М.³

¹ ООО «Газпромнефть – смазочные материалы», Санкт-Петербург; ² РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина, Москва;

³ ООО «Международный испытательный центр по горюче-смазочным материалам», Москва)

ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ К ЛАКООБРАЗОВАНИЮ ТУРБИННЫХ МАСЕЛ

Ключевые слова: турбинное масло, лакообразование, антиоксиданты, остаточный срок полезной эксплуатации, метод вольтамперии, потенциал лакообразования, коллоидная система, ζ -потенциал, поверхностно-активное вещество, мицелла.

Определены причины образования лаковых отложений турбинных масел. Показано, что по показателям турбинных масел, определяемых методами ASTM D7843 (MPC) и ASTM D6971 (RUL), можно оценивать процесс лакообразования, уровень антиокислительных свойств, содержание антиоксиданта, корректировать и увеличивать срок смены масла, а также прогнозировать критическую ситуацию при эксплуатации турбинного оборудования. Предложен механизм образования лаковых отложений в турбинных маслах.

УДК 665.76

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-28-33

В последние годы качество турбинных масел значительно выросло за счет использования базовых компонентов на основе базовых масел III и IV групп по классификации API и современных антиокислительных присадок, что позволило значительно увеличить сроки эксплуатации масла. При длительной работе турбинных масел на поверхности упорного подшипника, зубчатых передач и других узлов трения, работающих в зонах сравнительно холодного масла, образуются лаковые отложения. Эта проблема в основном характерна при длительной эксплуатации турбинных масел [1, 2].

Проблема образования лака подробно исследовалась основными производителями турбинного оборудования – компаниями «Siemens» и «General Electric». Разработанный и утвержденный стандарт ASTM D7843–18 «Стандартный метод испытаний для измерения нерастворимых цветных тел смазочных материалов в эксплуатационных турбинных маслах с использованием мембранной Patch – колориметрии» (метод MPC) стал инструментом для прогнозирования образования лаковых отложений компрессорных и турбинных масел [3].

Процесс образования лака на поверхностях деталей турбинного оборудования отличается от процесса образования отложений на деталях агрегатов при высокой температуре. Турбинные

масла окисляются кислородом воздуха с образованием различных видов шламов. Окисление масла ускоряется в присутствии частичек износа металла: железа, никеля, меди кобальта, которые являются катализаторами процесса окисления. Турбинное масло может контактировать с перекачиваемыми газами, в состав которых могут входить аммиак, диоксид углерода; в результате соединения, входящие в состав масла, реагируют с ними. Все эти процессы приводят к образованию общих отложений, но не являются причиной образования лака.

Основная причина образования лаковых отложений – химическое разложение (деструкция) антиоксидантов (фенольных и аминных). Образовавшиеся продукты разложения растворимы при температуре 50–80° С и не задерживаются системой фильтрации, а при попадании на холодные части компрессора при температуре ниже 50° С образуют лаковые отложения. Концентрация антиоксиданта определяет процесс окисления масла и срок его службы. Определение остаточного содержания антиоксиданта в масле дает возможность оценить время, в течение которого масло можно еще использовать. Этот параметр принято называть остаточным сроком полезной эксплуатации жидкости (Remaining Useful Life, или RUL). Количественно степень срабатывания антиоксиданта в маслах трудно оценить ИК-спектрометрией.

Для контроля процесса лакообразования в турбинных маслах используется показатель количества антиоксиданта в масле, определенный методом вольтамперометрии, и содержание лакообразующих частиц в масле, оцениваемое на специальном колориметре с применением мембранных фильтров (метод МРС).

Метод вольтамперометрии был разработан в 1922 г. Я. Гейровским. Термин и метод вольтамперометрия по решению Международного союза по теоретической и прикладной химии (IUPAC) стал использоваться в аналитической химии. Основное достоинство метода – точное определение незначительного количества веществ в растворах, а вольтамперную характеристику принято называть вольтамперограммой [4–7]. Метод широко используется в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности для определения элементарной серы в топливе, металлов в этаноле в нефти и нефтепродуктах [8].

Оценка содержания лакообразующих частиц (МРС) основана на зависимости цвета осадка от его количества на фильтре. Пробу масла, взятую в количестве 50 мл, разбавляют равным объемом петролейного эфира фракции 40–70° С, в результате чего лакообразующие примеси теряют свою растворимость. При помощи фильтровальной установки нерастворимые компоненты отделяют и получают осадок на мембранном фильтре. После высушивания осадок сканируют при помощи колориметра МРС, который автоматически определяет плотность цвета осадка в виде условной величины ΔE , вычисляемой в трехмерной цветовой системе координат CIE Lab.

Система определения плотности цвета CIE Lab была стандартизована в 1976 г. Параметры плотности цвета описаны Американским национальным институтом стандартов (American National Standards Institute, ANSI). Цветовое пространство CIE Lab разработано Международной комиссией по свету (Commission Internationale de l'Eclairage, CIE) и значительно упрощает обмен информацией о цвете [8–10]. Система CIE Lab используется в стандартах по цвету в США, Европе и России [11–13].

Цветовое пространство CIE Lab представляется в трех видах координат: прямоугольная, полярная и СМС (эллипсоидная), из них самая распространенная – прямоугольная, она используется в стандартах США, Европы и России [11–13]. В системе цветового пространства CIE Lab каждый цвет описан тремя числами, обозначающими его положение в пространстве. Пространство разделено на сектора от +60 до –60 для показателей «а» и «b». Первое число, или величина L , указывает на уровень яркости цвета. Значения «а» и «b» определяют собственно оттенок. Например, обозначение CIE Lab 50 + 55, 5 – это красный цвет, а CIE Lab 50 – 55, 5 – зелёный (рис. 1).

В российском стандарте ГОСТ Р52490–2005 (ИСО 7724-3:1984) величина ΔE называется «полное цветовое различие», для расчета которой

используют прямоугольную систему координат, а значение показателя определяют по формуле [12].

$$\Delta E_{ab}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}.$$

Показатели ΔL , Δa и Δb определяются по ГОСТ Р 52489–2005 (ИСО 7724-1:1984), для чего используется спектральная аппаратура с образованием лучистого потока определенной длины волны и применяются данные таблицы удельных координат цвета из указанного стандарта. Показатели определяются в автоматическом режиме, чаще всего используется простая программа испытаний, написанная на языке BASIC.

Для измерения плотности цвета и расчета ΔE используют три типа приборов: денситометры, колориметры и спектрофотометры. Самый простой и надежный – колориметр, который чаще всего используется при определении МРС. Многие исследователи величину ΔE называют потенциалом лакообразования [2].

При оценке остаточного ресурса масла используют метод вольтамперометрии по ASTM D6971-09 для определения содержания антиоксиданта в масле с применением анализатора типа RULER View [14].

При определении содержания антиоксиданта показатели работавшего масла сравнивают с показателями свежего масла. Образец масла переносят в ячейку, содержащую специально приготовленную смесь песка и раствора электролита на основе ацетона. При перемешивании антиоксиданты, а также другие растворимые компоненты исследуемого образца экстрагируются в раствор, а оставшиеся капли, суспендированные в растворе, собираются с помощью песка. После оседания суспензии из песка и капель растворенные антиоксиданты определяются методом вольтамперометрии по ASTM D6971-09.

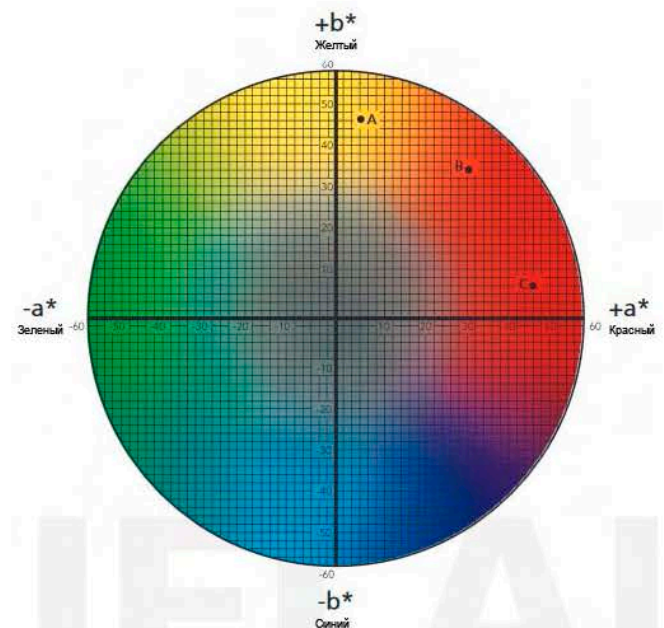


Рис. 1. Диаграмма цветового пространства CIE Lab

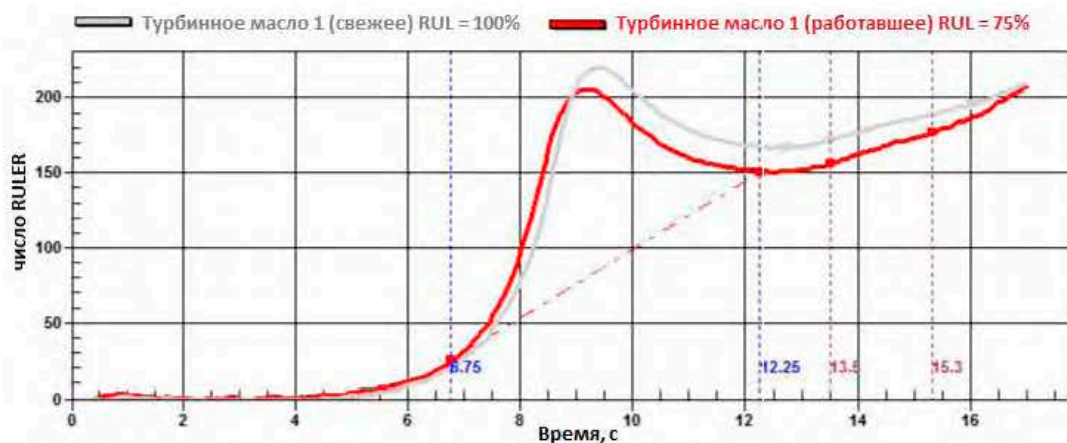


Рис. 2. Вольтамперограмма (RUL) масла № 1 (присадка 1), содержание присадки 75 %. Серая линия – образец свежего масла, красная – образец отработанного масла (данные ООО «МИЦ ГСМ»)

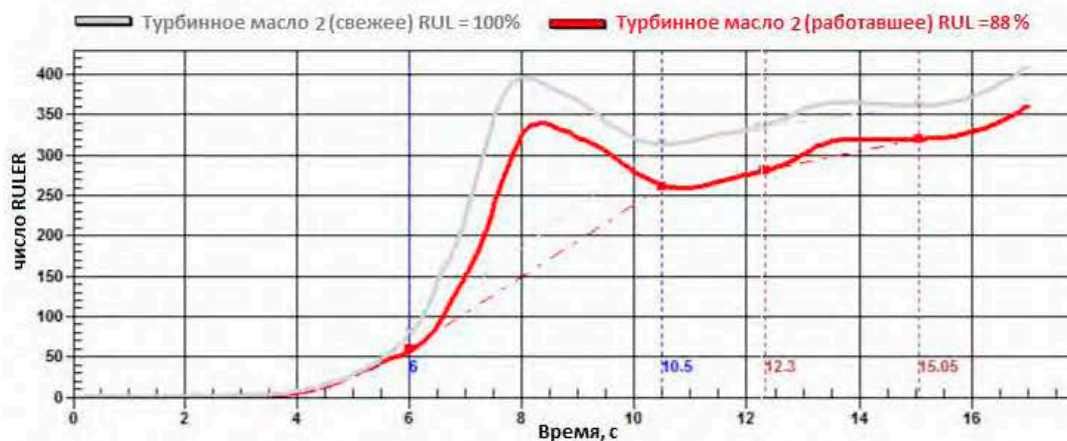


Рис. 3. Вольтамперограмма (RUL) масла № 2 (присадка 2), содержание присадки 88 %. Серая линия – образец свежего масла, красная – образец отработанного масла (данные ООО «МИЦ ГСМ»)

Количество антиоксиданта для двух образцов турбинных масел типа Турбо 32 –находившихся в эксплуатации и определенные по вольтамперограммам – приведены на рис. 2 и 3. Для одного масла количество антиоксиданта составило 75 %, для другого – 88 % от их первоначального содержания соответственно.

Другим методом ASTM D7843-18 определяют полное цветовое различие ΔE или потенциал лакообразования с помощью спектрофотокориметра MPC Color [15]. Его применение позволяет определять показатель ΔE в широком диапазоне от 1 до 110. Компания ООО «SocTrade» рекоменду-

ет сравнивать результаты по лакообразованию, полученные при испытании по цветовой шкале, приведенной на рис. 4.

ООО «SocTrade» рекомендует критические значения MPC и ΔE для компрессорных и турбинных масел, а именно: содержание антиоксиданта не должно быть менее 30 %, а потенциал лакообразования не должен превышать 40 единиц (табл. 1) [2].

Испытания, проведенные ООО «МИЦ ГСМ», подтвердили рекомендации компании ООО «SocTrade». При значении ΔE около 40 и содержании антиоксиданта около 6 % антиокислительные свойства турбинного масла марки Турбо EP-46 резко падают, и

Таблица 1

Предельные значения показателей RUL по ASTM D6971 и MPC по ASTM D7843 для компрессорных и турбинных масел			
Норма	Необходим контроль показателей	Максимально допустимые значения	Критические Показатели
RUL – содержание антиоксиданта в масле по ASTM D6971,%			
100–80	80–60	60–30	Менее 30
Потенциал лакообразования ΔE (MPC) по ASTM D7843			
До 15	15–30	30–40	Свыше 40

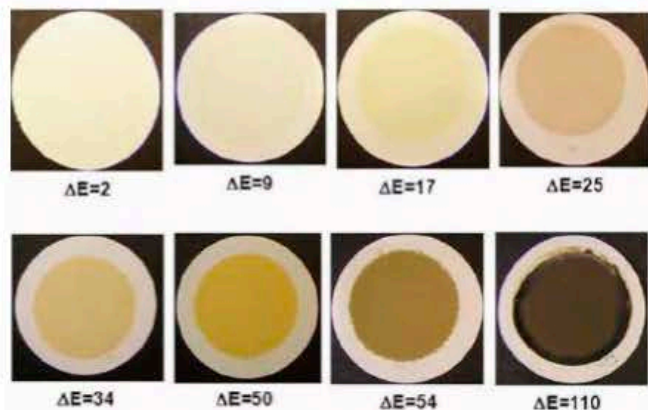


Рис. 4. Цветовая шкала для контроля при определении ΔE (MPC) по ASTM D7843

Аналитика

www.j-analytics.ru

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ЖУРНАЛ «АНАЛИТИКА»

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ О СОЗДАНИИ, ИЗУЧЕНИИ И ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ – ОТ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДО ВНЕДРЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ ЖУРНАЛА – ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАУКИ, БИЗНЕСА И ГОСУДАРСТВА В ЦЕЛЯХ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ИМПОРТОНЕЗАВИСИМЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ И РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ.



ИЗДАТЕЛЬ – АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА»

ЖУРНАЛ «АНАЛИТИКА» ВКЛЮЧЕН

в ВАК, в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Периодичность — 6 номеров в год

E-mail: j-analytics@mail.ru

Тел.: +7(495)234-01-10

Факс: +7(495)956-33-46

90-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ КАФЕДРЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ» РГУ НЕФТИ И ГАЗА ИМЕНИ И. М. ГУБКИНА

В 2020 году отмечает свой 90-летний юбилей кафедра «Технология переработки нефти» Российского государственного университета нефти и газа (научный исследовательский институт) имени И. М. Губкина, основанная в апреле 1930 года на базе Московского нефтяного института И. М. Губкиным.

Сегодня кафедра технологии переработки нефти является локомотивом в подготовке высококвалифицированных кадров для нефтеперерабатывающей промышленности России. Возглавляет кафедру доктор технических наук, профессор, академик РАЕН Владимир Михайлович Капустин. За время своего руководства кафедрой В. М. Капустин четырежды удостоен звания лауреата Государственной премии Правительства Российской Федерации. В 2002 году – в области науки и техники за производство высокооктановых бензинов, не содержащих тетраэтилсвинца; в 2009 году в области науки и техники – за разработку процесса каталитического крекинга – гидроочистки сернистого сырья и создание на его основе крупнотоннажного промышленного производства высокооктанового автомобильного бензина; в 2018 году – в области образования за учебник по технологии переработки нефти в трех частях; в 2019 году – за разработку новых импортозамещающих технологий производства катализаторов риформинга и их промышленным освоением на НПЗ.

Под руководством Владимира Михайловича коллективом кафедры созданы и оснащены специальным оборудованием учебные и научно-исследовательские лаборатории по изучению нефтяных дисперсных систем, вторичных процессов переработки нефти, модернизирован компьютерно-тренажерный класс. Ведь сегодня невозможно обеспечить внедрение инноваций в нефтегазовом комплексе без укрепления его кадрового потенциала. Студенты кафедры ежегодно проходят практику на различных нефтеперерабатывающих заводах России, что позволяет развивать у них необходимые профессиональные компетенции с учетом среды их профессиональной деятельности. Традиционно АО «Газпромнефть-Московский НПЗ» предоставляет для студентов кафедры возможность прохождения ознакомительной и производственной практик. В последние годы на ООО «ПО Киришинефтеоргсинтез» и АО «ТАНЕКО» были организованы высокопрофессиональные практики для студентов и магистрантов по вторичным процессам переработки нефтяного сырья. Для студентов, обучающихся по целевой программе, организована практика на соответствующих предприятиях отрасли, таких как ОАО «Орскнефтеоргсинтез», ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез», АО «РНПК», ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка», ПАО «Саратовский НПЗ» и др. ОАО «ВНИПНефть» предоставляет места для прохождения практики студентам, дипломные проекты которых связаны с использованием объемных технологических расчетов.

Кафедрой технологии переработки нефти совместно с ОАО «ВНИПНефть» была организована базовая кафедра «Проектирование нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических предприятий», обучающая



Заведующие кафедрой технологии переработки нефти РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина

специалистов в области проектирования предприятий нефтегазовой и нефтехимической отрасли.

Преподаватели кафедры принимают активное участие в проведении занятий для специалистов отрасли в рамках программ повышения квалификации, получения дополнительной специализации и второго высшего образования. Занятия проводятся как в университете, так в компаниях и на предприятиях отрасли (ПАО «ЛУКОЙЛ», ПАО «Газпромнефть», ПАО «Роснефть», АО «Газпромнефть-Московский НПЗ», ООО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез», ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка», АО «Ангарская НХК», АО «РНПК», АО «Новокуйбышевский НПЗ» и др.).

Кафедра пользуется авторитетом в научных и педагогических кругах. Ее методические разработки используются преподавателями кафедр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина и других вузов.

Многие годы плодотворные научные и учебные связи кафедра поддерживала с зарубежными университетами – Фрайбергской горной академией (Германия), химико-технологическим институтом им. Златарова (Болгария), Алжирским нефтяным институтом (г. Бумердес). Выпускники кафедры работают во всех уголках России, ближнего и дальнего зарубежья, многие из них занимают ведущие посты в нефтеперерабатывающей промышленности, в научно-исследовательских и учебных институтах.

За последние 10 лет на кафедре было защищено 19 кандидатских и 2 докторские диссертации (Карпов С. А. и Евдокимова Н. Г.).

Научная и учебная деятельность кафедры нашла свое отражение в многочисленных публикациях различных российских и международных изданиях.

К 85-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ПРОФЕССОРА ТЕНГИЗА ГРИГОРЬЕВИЧА ГЮЛЬМИСАРЯНА



Тенгиз...Тенгиз Григорьевич...Как много хочется сказать об этом уважаемом и душевном человеке, друге, настоящим мужчине, прекрасном семьянине!! Самое главное в нём – это дружелюбный и неконфликтный характер, высокий профессионализм и безусловное уважение ко всем окружающим его людям! А сегодня – это очень большая редкость!

У него типичная и непростая судьба одарённого выпускника российской школы. Окончив её с золотой медалью, Тенгиз Григорьевич поступил в РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина. Успешно его закончив и получив квалификацию инженера-технолога по нефтепереработке, он связал свою судьбу с сажевой тематикой, начав работу в ведущем российском НИИ ШП (шинной промышленности). Здесь проявились его замечательные человеческие и профессиональные качества – уважение к коллегам и уравновешенность, принципиальность и доброжелательность, скромность и коммуникабельность, глубина знаний и «заточенность» на результат, умение подобрать и воспитать сподвижников и учеников.

Защитив кандидатскую диссертацию, с 1970 года Тенгиз Григорьевич начал преподавать в Губкинском универси-

тете, связав свою судьбу с высшим образованием и подготовив для России и ряда стран Африки и Азии плеяду квалифицированных специалистов. Т. Г. Гюльмисарян с 1982 года – доктор технических наук, автор большинства российских и зарубежных разработок и публикаций в области производства технического углерода – важнейшего компонента резинотехнических изделий.

Отметим и подчеркнём такие качества юбиляра, как постоянное стремление к повышению своего профессионализма и безусловно уважительное отношение к окружающим его коллегам и ученикам. Как часто сегодня всем нам не хватает этих базовых человеческих качеств!!!

Тенгиз Григорьевич – старейший и уважаемый Учёный и Профессор Губкинского университета, снискавший заслуженное уважение среди коллег, студентов, магистрантов и аспирантов. Надеемся, что он ещё много лет будет «в строю», передавая свои знания и жизненные принципы молодым преподавателям и студентам!

Друзья, коллеги и редакция журнала «Мир нефтепродуктов» искренне поздравляют Юбиляра и желают ему Здоровья и многих лет активной жизни!



Коллектив кафедры 2015 г.



Неделя нефтепереработки, газа и нефтехимии в Москве

Неделя включает GPTC, 14-ю BVTC и 20-ю RRTC

26-30 ОКТЯБРЯ 2020
МОСКВА

ОРГАНИЗАТОР
EPC
Euro Petroleum Consultants

Традиционная Московская Неделя нефтепереработки, газа и нефтехимии впервые состоялась в гибридном формате: очном и онлайн

Компания Euro Petroleum Consultants успешно провела свое флагманское мероприятие – Неделю нефтепереработки, газа и нефтехимии. Конференции состоялись 26–30 октября в Москве в роскошном конференц-зале отеля Radisson Collection Hotel. Многие участники и докладчики присутствовали лично, часть присоединилась к конференции онлайн.

В рамках Недели прошли три тематические конференции:

GPTC – Нефтегазохимия – технологическая конференция и выставка России и стран СНГ

14 BVTC – Конференция России и стран СНГ по технологиям переработки нефтяных остатков

20 Юбилейная RRTC – Конференция и выставка по технологиям нефтепереработки России и стран СНГ.

В Неделе нефтепереработки, газа и нефтехимии приняло участие более 260 специалистов, было сделано более 50 презентаций и организовано 5 круглых столов.

GPTC

В торжественной церемонии открытия GPTC приняли участие Президент Euro Petroleum Consultants Колин Чапман, член Совета директоров, «Тольяттиазот» Николай Неплюев и генеральный директор «Газпром СПГ технологии» Константин Белоусов. «Несмотря на то что конференция первая, она имеет почти двадцатилетнюю историю. Объединение в одно мероприятие форумов по газохимии и нефтехимии позволяет большему количеству компаний из смежных отраслей обмениваться опытом для дальнейше-

го развития и вместе находить пути выхода из непростой ситуации, в которой мы оказались из-за COVID-19», – отметил Николай Неплюев. Он подчеркнул, что химическая отрасль в России является одной из самых быстроразвивающихся в экономике страны, и сейчас время делать инвестиции в переработку базового химсырья, например из аммиака производить карбамид, а из карбамида – последующие продукты, потому что маржинальность продукции с высокой добавленной стоимостью увеличивается. Новейшие разработки по монетизации газа, за счет производства карбамида и метанола представили компании STAMICARBON и HALDOR TOPSOE, а AVEVA, KELVION, SCHNEIDER ELECTRIC и НТЦ «Динамика» – решения по оптимизации производительности процессов.

Помимо конверсии природного газа на конференции также рассматривались вопросы его сжижения. Генеральный директор «Газпром СПГ технологии» Константин Белоусов выступил с докладом, посвященным перспективам использования СПГ в качестве топлива на транспорте и объектах автономной газификации, во время которого были отмечены экологические, энергетические и экономические преимущества сжиженного природного газа относительно традиционных видов топлива. Он рассказал о реализованном «Газпром СПГ технологии» проекте производства и использования СПГ, расположенном в Пермском крае, КСПГ «Канюсята», проектная производительность которого составляет 12 600 кг/год. Произведенный там СПГ успешно используется для нужд автономной газификации трех населенных пунктов региона, удаленных от трубопроводной системы газоснабжения.

Константин Белоусов также поделился с участниками конференции планами по существенному расширению производственно-сбытовой СПГ инфраструктуры. На данный момент «Газпром СПГ технологии» приступило к строительно-монтажным работам на площадке КСПГ «Тобольск», а также ведет проектно-исследовательские работы по проекту КСПГ «Обская». В отличие от мало – и среднетоннажного производства СПГ эксперты весьма скептически смотрят на развитие рынка крупнотоннажного СПГ. «Новая волна ожидаемых в 2024-2025 годах СПГ-проектов будет меньше по количеству минимум в два раза и сроки реализации сдвинутся на год вперед», – считает директор по исследованиям VYGON Consulting Мария Белова. По ее словам, задержки в строительстве заводов обусловлены неблагоприятными рыночными условиями и инвестиционным климатом, вызванных эпидемией COVID-19.



Большое внимание на конференции GPTC 2020, помимо монетизации газа, было уделено вопросам нефтехимии, в том числе выпуску специализированной продукции. Заместитель главного технолога «Ангарской нефтехимической компании» Дмитрий Дубровский и Начальник исследовательской лаборатории «Славнефть-Янос» Дмитрий Борисанов представили достижения компаний в области производства нефтепромышленной химии – буровых растворов. Руководитель Аналитического центра «Сибур» Ксения Каретина сделала обзор мировых нефтехимических проектов. Она отметила, что Амурский ГПЗ, ввод в эксплуатацию которого запланирован на 2024 год, станет крупнейшим среди единичных мощностей производством этилена в мире. Кроме проекта «Сибура», по словам Директора департамента нефтехимии Российского Энергетического Агентства Анастаса Гатунка, в России ожидается ввод целого ряда комплексов мирового уровня, нацеленных на глубокую переработку углеводородного сырья с производством базовых полиолефинов, которое, в случае реализации заявленных инвестиционных проектов, вырастет по сбалансированному сценарию до 12,7 млн т, что, в свою очередь, приведет к позитивному комплексному эффекту для экономики страны — от роста производства до создания новых рабочих мест.

BBTC и RRTC

RRTC по праву считается самым популярным и представительным мероприятием в России и странах СНГ, посвященным технологиям нефтепереработки – одним из первых, появившихся на российском рынке. В этом году состоялась 20 юбилейная конференция. На церемонии открытия с торжественными обращениями выступили участники первой RRTC, состоявшейся в 2001 году: Анна Горштейн, Владимир Капустин, Анатолий Артюх, Олег Шишов и Игорь Барсуков. Затем участников поприветствовали почетные гости RRTC 2020: Директор Дирекции нефтепереработки «Газпром нефть» Михаил Антонов, Директор департамента нефтепереработки «Роснефть» Татьяна Ветрова и заместитель директора Института нефтехимпереработки Республики Башкортостан Эльшад Теляшев.

В первой сессии с обзорными докладами выступили руководитель направления нефтепереработка и нефтегазохимия ЕУ Александр Былкин и глава департамента инвестиционного анализа «Сокар Энергоресурс» Максим Попов. Они отметили, что пандемия COVID-19 привела к резкому снижению потребления жидких углеводородов и помогла выявить нерационально используемые нефтеперерабатывающие мощности. Эксперты считают, что переизбыток мощностей и низкий уровень маржинальности приведут к закрытию одних предприятий, для других же станут «катализаторами» процессов модернизации и повышения эффективности НПЗ. Современные технологии глубокой переработки нефти с повышенным выходом ценных продуктов представили компании HONEYWELL UOP, EXXONMOBIL CATALYST & LICENSING и DUPONT. Решения по оптимизации и повышению операционной эффективности с помощью термодинамических моделей представили компания SCHNEIDER ELECTRIC, единой системы управления информацией – AVEVA, использованию цифровых информационных моделей в нефтепереработке – «Лукойл-Нижегородниинефтепроект».

Две сессии RRTC были посвящены катализаторам, которые в последнее время стали «сердцем» НПЗ и НХК. Были рассмотрены новейшие технологии производства и успешные примеры их использования на НПЗ и НХК (ФКК, алкилирование, риформинг, гидропроцессы и др.). С докладами выступили представители компаний «Роснефть», «Газпромнефть - Каталитические системы», «Роснефть - Новокуйбышевский завод катализаторов», «Лукойл-Нижегородниинефтепроект» и «РеоКат».

Переработке тяжелых нефтяных остатков была посвящена конференция BBTC. Заведующий кафедрой РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина Владимир Капустин рассказал о новых внешних и внутренних факторах воздействия на российскую нефтепереработку, а Стефан Чапман, вице-президент, и Екатерина Калининко, директор по консалтингу Euro Petroleum Consultants сделали обзор текущих и запланированных проектов в мире, России и странах СНГ. Ведущие лицензиары и поставщики технологий представили свои решения для повышения эффективности переработки тяжелых остатков. С докладами выступили представители компаний: WOOD, AXENS, IGS, DELTAVALVE, SULZER GTC TECHNOLOGY и DUPONT.



Мойкин А. А.¹, канд. хим. наук, Меджибовский А. С.¹, д-р техн. наук, Криушин С. А.², Селезнев М. В.², канд. техн. наук, Кириков Е. Н.³ (¹ООО «НПП КВАЛИТЕТ», г. Люберцы; ²ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии Минобороны России», Москва; ³АО «Уральский завод гражданской авиации», Екатеринбург)
E-mail: moykin@npp-qualitet.ru

РАЗРАБОТКА ЗАГУЩЕННОГО ПОЛУСИНТЕТИЧЕСКОГО МАСЛА М-5з/20 АЭРО ДЛЯ АВИАЦИОННЫХ ПОРШНЕВЫХ ЧЕТЫРЕХТАКТНЫХ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ключевые слова: моторное масло, поршневой двигатель, беспилотный летательный аппарат, БПЛА.

В настоящее время одним из наиболее актуальных и перспективных направлений развития авиации признано создание беспилотных авиационных комплексов различного назначения. ФАУ «25 ГосНИИ химмотологии МО РФ» изучены особенности эксплуатации авиационных поршневых двигателей, разработаны технические требования к моторному маслу для поршневых четырехтактных двигателей беспилотных летательных аппаратов и во взаимодействии с ООО «НПП «КВАЛИТЕТ» разработано новое моторное масло М-5з/20 АЭРО. На основании проведенного комплекса квалификационных испытаний подтверждены заявленные эксплуатационные свойства опытно-промышленной партии масла М-5з/20 АЭРО.

УДК 621.892.84

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-44-47

Введение

Начиная с 2000-х годов в мире происходит интенсивное развитие беспилотной авиации, причем наиболее рациональным подходом считается не модернизация существующих, а создание принципиально новых образцов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Согласно прогнозам аналитиков среднегодовой рост рынка БПЛА в период 2016–2023 гг. ожидается около 55 %. Интенсификацию работ в области БПЛА объясняют их относительно невысокой стоимостью по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами



БПЛА «Форпост»

(ЛА) и способностью решать широкий круг задач как в экономическом секторе, так и в вопросах безопасности государства.

По заказу различных ведомств на предприятиях России активно проводятся НИОКР и прорабатываются проекты перспективных поршневых авиадвигателей в интересах их применения на БПЛА, легких самолетах и вертолетах. Так, в АО «Гаврилов-Ямский машиностроительный завод «Агат» (АО ГМЗ «Агат») разрабатывается ряд поршневых бензиновых двигателей для БПЛА, в основном самолетной схемы, двигателя «Агат-Б1» (ПД-1400) и «Агат-Б» (АПД-110/120), в АО «Кронштадт» разрабатывается двигатель АПД-140Т, на АО «Уральский завод гражданской авиации» ведутся работы по созданию отечественного двигателя АПД-85. Эти двигатели рассматриваются в качестве замены на российском рынке распространенных зарубежных образцов типа Rotax 912, Rotax 914, UEL AR68-1000, Rotax 915S «Jabiru 2200» и др.

Однако в эксплуатации еще остаются БПЛА, в состав которых включены двигатели зарубежного производства. Наиболее массовыми типами двигателей продолжают оставаться зарубежные поршневые бензиновые четырехтактные двигатели «Jabiru 2200» (Австралия), UEL AR 68-1000 (Израиль), для смазки которых применяются импортные моторные масла. В условиях нестабильности торговых отношений с зарубежными странами это

может оказать негативное влияние на своевременное обеспечение маслами требуемого качества.

Опыт применения существующих отечественных моторных масел в двигателях БПЛА показал значительное сокращение продолжительности полета и ресурса эксплуатации двигателя, а также уменьшение межремонтного срока эксплуатации, что влияет на безопасность при эксплуатации БПЛА.

В связи с этим разработка отечественных моторных масел, по эксплуатационным свойствам не уступающих зарубежным аналогам, организация их испытаний и применение в двигателях, в том числе зарубежного производства, – актуальная задача сегодняшнего дня.

Основные узлы трения авиационных поршневых двигателей являются самыми напряженными из всех типов двигателей внутреннего сгорания. Кроме того, в поршневом двигателе масло выполняет функцию уплотнителя между камерой сгорания и картером двигателя, следовательно, оно соприкасается с зоной горения горючей смеси. Это делает условия работы масла в двигателе весьма тяжелыми [1]. Масло подвергается действию высоких температур и давлений, находится в тесном контакте с различными металлами в присутствии кислорода воздуха.

Согласно международному стандарту SAE J-1899 масла для авиационных поршневых двигателей разделяются на следующие типы:

- высокоочищенные минеральные масла без присадок (grade 60,80,100,120). Из зарубежных масел этому типу соответствует масло Aeroshell Oil 100. В России классу Grade 100 соответствует хорошо зарекомендовавшее себя за многие годы эксплуа-

тации масло MC-20, выпускаемое по ГОСТ 21743–76 [2]. Однако масло MC-20 без присадок имеет ограниченный ресурс эксплуатации, при превышении которого наблюдались случаи закупорки маслопроводов, фильтров, пригорание поршневых колец;

- высокоочищенные минеральные масла с беззольной диспергирующей присадкой. К этому типу масел относится Aeroshell W100;

- всесезонные полусинтетические или синтетические загущенные масла, включающие комплекс функциональных присадок (загущающая, диспергирующие, антиокислительные, противоизносные и антикоррозионные). Этот тип масел обеспечивает надежный запуск двигателя в условиях отрицательных температур, обеспечивает более высокий ресурс применения масла. В настоящее время оно наиболее распространенное и выпускается ведущими мировыми производителями масел.

При разработке тактико-технических требований за основу были взяты требования производителей авиационных поршневых двигателей и учтены нормы и требования европейского стандарта SAE J-1899 Grade 15W-50.

С учетом утвержденных требований ООО «НПП КВАЛИТЕТ» разработано полусинтетическое загущенное масло М-5з/20 АЭРО на основе высокоочищенного минерального и синтетического базовых масел с применением беззольных антиокислительных, антикоррозионных, диспергирующих и противоизносных присадок.

На новое масло разработаны технические условия ТУ 19.20.29-114-40065452–2018 и выработана опытно-промышленная партия для проведения квалификационных испытаний (табл. 1).

Таблица 1

Результаты испытаний по оценке соответствия опытного образца масла М-5з/20 АЭРО требованиям ТУ 19.20.29-114-40065452–018			
Наименование показателей	Методы испытаний	Нормы по ТУ 19.20.29-114-40065452–2018	Результаты испытаний
Плотность при 15° С, кг/м ³ , не более	ГОСТ Р 51069	880	855
Кинематическая вязкость при 100° С, мм ² /с, в пределах	ГОСТ 33	19,0–21,0	19,9
Индекс вязкости, не менее	ГОСТ 25371	160	178
Температура вспышки, определяемая в открытом тигле, °С, не ниже	ГОСТ 4333	220	247
Температура застывания, °С, не выше	ГОСТ 20287	Минус 36	Минус 38
Кислотное число, мг КОН/г масла, не более	ГОСТ 5985	0,5	Отсут.
Массовая доля серы, %масс., не более	ГОСТ 1437	0,5	0,17
Зольность, %	ГОСТ 1461	Не нормируется, определение обязательно	0,04
Содержание механических примесей, %	ГОСТ 6370	Отсутствие	Отсут.
Содержание воды, %	ГОСТ 2477	Отсутствие	Отсут.
Трибологические характеристики, определяемые на четырехшариковой машине трения: диаметр пятна износа (Ди) при осевой нагрузке 196 Н, мм, не более	ГОСТ 9490	Не нормируется, определение обязательно	0.26
Склонность к пенообразованию, стабильность пены, см ³ /с: при 24° С при 94° С при 24° С (повторно)	ASTM D892	Не нормируется, определение обязательно	0/0 30/0 0/0

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БАЗОВЫХ ОСНОВ КАК ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: модифицирующая добавка, рафинат, депарафинированное масло.

Описаны варианты интенсификации процесса сольвентной депарафинизации, направленные на увеличение выхода базовых масел. Один из перспективных способов улучшения технико-экономических показателей процесса депарафинизации – использование модифицирующих добавок. Показано, что введение полимерной добавки положительно сказывается на снижении времени фильтрования сырьевой суспензии и, соответственно, на увеличении производительности установки депарафинизации. При этом получается петролатум с пониженным содержанием масла, который является квалифицированным сырьем для производства высокоплавких церезинов, защитно-восковых композиций и смазок различного назначения.

УДК 665.662

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-48-50

Стратегия развития Арктической зоны РФ обуславливает необходимость освоения новых месторождений углеводородного сырья, расположенных в зонах с холодным климатом. Это влечет за собой решение ряда задач: расширение масштабов геологоразведочных работ, разработку и освоение месторождений нефти и газа, организацию транспортной системы и инфраструктуры. Значительное количество машин и техники предполагается эксплуатировать в жестких погодных условиях, что потребует увеличения поставок низкотемпературных горюче-смазочных материалов.

В настоящее время в РФ существует дефицит современных смазочных материалов, включая моторные, трансмиссионные масла и пластичные смазки, способных работать в арктических условиях. При этом ожидается, что спрос на арктические смазочные материалы будет расти и составит более 40 тыс. т в год [1]. В состав базовых основ смазочных материалов для холодных климатических условий включают дистиллятные и остаточные компоненты, которые вырабатываются на установках депарафинизации. Увеличение производительности установок депарафинизации может быть достигнуто повышением выхода целевого продукта за счет:

- увеличения числа ступеней фильтрования. Включение дополнительного фильтровального оборудования и увеличение количества растворителя, подаваемого для разбавления и промывки осадков, приводит к повышению эксплуатационных и энергетических затрат. Зачастую данное технологическое решение на существующих установках трудноосуществимо из-за необходимости закупки дорогостоящего дополнительного фильтровального оборудования и отсутствия производственных площадей для его размещения [2–4];

- использования специальных емкостей, обеспечивающих медленное охлаждение раствора на начальной стадии кристаллообразования, что способствует равномерному росту первичных кристаллов и, как следствие, увеличивается скорость фильтрования, выход депарафинированного масла и повышается температура плавления гача [5];

- использования мембранных систем разделения сырьевых суспензий. Имеется информация о строительстве промышленного мембранного блока на установке депарафинизации, который показал высокую эффективность, однако широкое внедрение данного способа ограничивается значительными капитальными вложениями [6, 7];

• использования ультразвука, при этом разрушаются связи между кристаллами твердых углеводородов и их пространственная структура при дальнейшем охлаждении не восстанавливается. Сами же кристаллы парафина почти не разрушаются. Однако применение метода ультразвуковой обработки суспензий твердых углеводородов при депарафинизации и обезмасливании не вышло из стадии лабораторных исследований [8, 9];

• добавления малых количеств различных веществ (модифицирующих добавок); можно изменять свойства образующихся при охлаждении структур твердых углеводородов, а также течение и характер процесса кристаллизации [10]. В качестве модифицирующих добавок предложены различные соединения: алкиленсукцинимиды, сульфат меди, различные полимеры и др. [11, 12].

Модифицирующие добавки вводятся в сырьевую суспензию, концентрируются на поверхности раздела фаз, образуя тончайшие адсорбционные слои, которые резко изменяют молекулярную природу и свойства поверхностей. При этом изменяется кинетика процессов перехода веществ через поверхность раздела фаз.

В данной работе исследовано влияние полимерной модифицирующей добавки на процесс депарафинизации остаточного рафината. Депарафинизацию проводили при следующих условиях: температура конечного охлаждения – минус 25° С, кратность растворителя к сырью – 5:1 (об.), количество растворителя, подаваемого на холодную промывку, – 1:1 (об.). Количество вводимой присадки составляло 0,05 %масс. на сырье. Одним из основных параметров процесса депарафинизации, от которого зависит производительность установки, является скорость фильтрования. Эффективность фильтрования оценивали по времени фильтрования 100 и 200 мл сырьевой суспензии.

Результаты процесса депарафинизации представлены в таблице.

При использовании модифицирующей добавки отмечается увеличение выхода депарафинированного масла на 4,9 %масс., в 1,6 раз снижается время фильтрования сырьевой суспензии. Полученный петролатум характеризуется более высокой температурой плавления и пониженным содержанием масла. Вероятнее всего, введение полимерной добавки способствует образованию крупных кристаллов твердых углеводородов, что положительно сказывается на снижении времени филь-

трования сырьевой суспензии и, соответственно, на увеличении производительности установки депарафинизации. При этом получается петролатум с пониженным содержанием масла и более высокой температурой плавления, который является наиболее желательным сырьем для производства высокоплавких церезинов и защитно-восковых композиций. Помимо этого, петролатум более высокого качества может быть использован при производстве ряда канатных (Канатол, КФ-11, ЗЭС), морозостойких, защитных (Торсиол-55, ПП-95/5, Пушечная ПВК, ВНИИСТ-2) и других смазок.

Таким образом, использование модифицирующих добавок является мало затратным и быстро реализуемым способом интенсификации процесса сольвентной депарафинизации, который позволяет увеличить выход базовых масел до 5 % и получать петролатумы улучшенного качества. Приведенные продукты могут быть использованы для получения востребованных низкозастывающих смазочных материалов.

Список литературы

1. Антонов С. А., Заглядова С. В., Толмачев С. В., Кашин Е. В., Пахместеров Л. В., Лейметер Т. Д. Разработка моторных масел для холодных климатических условий // Нефтепереработка и нефтехимия. 2018. № 7. С. 37–41.
2. Яковлев С. П., Захаров В. А., Болдинов В. А., Есипко Е. А., Фролов А. И., Войдашевич В. В. Комбинированный процесс получения базовых масел и глубоко обезмасленных парафинов // Химия и технология топлив и масел. 2006. № 2. С. 13–15.
3. Яковлев С. П., Болдинов В. А. Выбор насосов при внедрении пульсационного кристаллизатора // Нефтепереработка и нефтехимия. 2016. № 5. С. 48–51.
4. Антонов С. А., Косарева О. А., Заглядова С. В., Рудяк К. Б., Догадин О. Б. Способы интенсификации процесса сольвентной депарафинизации масляного сырья // Нефтяное хозяйство. 2017. № 10. С. 70–72.
5. Золотарев П. А., Нигматуллин Р. Г. Эффективность соккинг-секций в процессе депарафинизации масляных рафинатов // Химия и технология топлив и масел. 1994. № 7. С. 26.
6. Lloyd S. White, Albert R. Nitsch. Solvent recovery from lube oil filtrates with a polyimide membrane // Journal of Membrane Science. 2000. 179 (1–2). Pp. 267–274.

Результаты процесса депарафинизации остаточного рафината

Наименование показателя	Без добавки	С добавкой
Время фильтрования сырьевой суспензии, с:		
100 мл	42	27
200 мл	158	97
Выход петролатума, %масс.	79,9	84,8
Температура плавления петролатума, °С	63	68
Выход петролатума, %масс.	19,6	14,8
Содержание масла в петролатуме, %масс.	22,0	9,5

Кязим-заде А. К., д-р хим. наук, Нагиева Э. А., д-р техн. наук, Мамедьярова Х. Н., Гадир А. А., канд. хим. наук, Рзаева И. А., канд. хим. наук

(Институт химии присадок им. академика А. М. Кулиева Национальной Академии наук Азербайджана, г. Баку)

E-mail: xedice.memmedyarova@mail.ru

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АЛКИЛФЕНОЛЯТНЫЕ ПРИСАДКИ К МОТОРНЫМ МАСЛАМ

Ключевые слова: алкилфенол, формальдегид, сульфид натрия, конденсация, коррозия, антиокислительные свойства, многофункциональная присадка.

Синтезированы и исследованы серосодержащие многофункциональные присадки АКІ-144 и АКІ-144d, представляющие собой кальциевые соли продукта конденсации алкилфенола с формальдегидом и сульфидом натрия. Установлено, что синтезированные присадки АКІ-144 и АКІ-144d по антиокислительным и антикоррозионным свойствам превосходят товарные аналоги ЦИАТИМ-339 и ИХП-101. В модельных условиях изучен механизм антиокислительного действия присадок АКІ-144 и АКІ-144d в сравнении с промышленным антиокислителем Агидол-1. Сравнительные исследования показали, что синтезированные присадки превосходят по антиокислительным свойствам присадку Агидол-1.

УДК 665.765

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-52-55

Введение

При работе двигателя моторные масла, окисляясь, подвергаются всевозможным нежелательным изменениям, которые можно предотвратить вводимыми в их состав присадками.

Одними из основных компонентов моторных масел широко используются моюще-диспергирующие присадки, в качестве которых большое распространение получили многофункциональные и серосодержащие алкилфенолятные присадки [1–4].

Обычно в качестве осерняющего агента для производства серосодержащих присадок используются хлориды серы или элементарная сера. Однако существенным недостатком применения указанных осерненных агентов является выделение в процессе реакции токсичных побочных продуктов – хлористого водорода или сероводорода.

Принимая это во внимание, в работе [5] предложен экологически безвредный способ получения серосодержащей алкилфенолятной присадки АКІ-144 с использованием в качестве осерняющего агента сульфида натрия. Присадка АКІ-144 была синтезирована на основе алкилфенола, полученного алкилированием фенола полимердистиллятом.

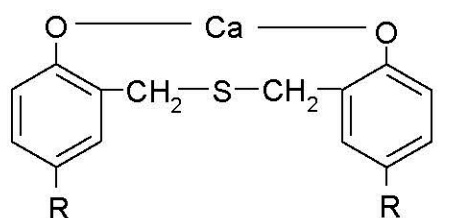
Экспериментальная часть

В настоящей статье приведены результаты исследований физико-химических и функциональных свойств присадки АКІ-144 в сравнении с ее новой модификацией присадкой АКІ-144d.

Эта присадка синтезирована на основе алкилфенола, полученного алкилированием фенола тетрамерпропиленом.

Синтез присадок включает следующие стадии: конденсацию алкилфенола ($R-C_{12}$; $R-C_8-C_{12}$) с формальдегидом и сульфидом натрия, нейтрализацию продукта конденсации, сушку продукта конденсации и отделение целевого продукта центрифугированием. Полученные присадки – вязкие жидкости с щелочным числом для АКІ-144d – 75–90 мгКОН/г, для АКІ-144 – 65–80 мгКОН/г.

Предполагаемая формула присадки:



где $R-C_{12}$; (АКІ-144d), $R-C_8-C_{12}$ (АКІ-144).

Структура синтезированных соединений подтверждается ИК-спектроскопией. ИК-спектры снимались на спектрофотометре Nicolet 1S 10 (спектральный диапазон 4000–400 cm^{-1}). В спектре присутствует полоса поглощения C-S связи $\nu_{C-S} - 749 cm^{-1}$, исчезает полоса поглощения OH групп конденсированного продукта $\nu_{OH} - 3320 cm^{-1}$ и появляется полоса поглощения рН C-O в области $\nu_{C-O} - 1245 cm^{-1}$, что свидетельствует об образовании соли.

Испытания проводили по следующим стандартным методам: антикоррозионные свойства по ГОСТ 20502–75, стабильность по индукционному периоду осадкообразования в течение 30 часов по ГОСТ 11063–77, моющие свойства по ПЗВ – ГОСТ 5226–2013, противоизносные свойства – по ГОСТ 9490–75.

Большое значение при хранении и эксплуатации моторных масел имеет стойкость металлосодержащих присадок к воздействию воды. Поэтому представлял интерес исследовать влагостойкость этих присадок в зависимости от их состава. Оценивали ее по методу, разработанному во ВНИИ НП [6].

Стойкость этих присадок к воздействию воды оценивали по показателю изменения щелочного числа (щ. ч.) масел с присадками до и после обработки их водой.

Указанные соединения также исследованы как ингибиторы инициированного окисления кумола. За критерии количественной оценки эффективности принимали константу скорости ингибирования (k_7) и стехиометрический коэффициент ингибирования (f). Опыты по инициированному окислению проводили на манометрической установке [7]; константа скорости инициирования составляет $1 \cdot 10^{-5}$ л·с⁻¹ [8], концентрация соединений (1,2) – (1–5) 10^{-5} моль/л или моль⁻¹ с⁻¹.

Обсуждение результатов

Физико-химические и функциональные свойства присадок АКІ-144 и АКІ-144d изучены в концентрации 5 % в минеральном масле М-8 стандартными методами (табл. 1). Как видно из таблицы, присадка АКІ-144 по функциональным свойствам и вымываемости уступает присадке АКІ-144d, полученной на основе додецилфенола. Это связано с тем, что в составе алкилфенола (R-C₈-C₁₂) присутствуют низкомолекулярные алкилфенолы, которые плохо растворяются в маслах и легко вымываются водой, а при работе двигателя выпадают в осадок и ухудшают антиокислительные и антикоррозионные свойства присадки.

В табл. 1 также приводятся сравнительные результаты исследований физико-химических и функциональных свойств товарных присадок – ЦИАТИМ-339 (бариевая соль дисульфида алкилфенола), ИХП-101 (алкилфенолят бария).

Данные табл. 1 показывают, что присадки АКІ-144d и АКІ-144 по физико-химическим, функциональным свойствам и влагостойкости превосходят товарные присадки ЦИАТИМ-339 и ИХП-101.

Поскольку синтезированная опытная присадка АКІ-144d, наряду с высокими антикоррозионными, противоизносными и моющими свойствами, проявляет и высокие антиокислительные свойства, представлял интерес изучение механизма действия указанной присадки с пероксидными радикалами в растворе кумола в модельных условиях в сравнении с присадкой АКІ-144.

Антиокислительное действие синтезированных соединений исследовано в модельных реакциях окисления углеводорода.

Для определения антиокислительной способности исследуемых соединений (1, 2) (рис. 1) было изучено автоокисление кумола в их присутствии.

Исследования показали, что изученные соединения обладают антиокислительными свойствами и тормозят процесс окисления кумола (см. рис. 1). Для того чтобы оценить способность исследуемых соединений обрывать цепи окисления по реакции с пероксидными радикалами, проведено инициированное азодиизобутиронитрилом (АИБН) окисление кумола в присутствии этих антиоксидантов, и концентрация АИБН равна $2 \cdot 10^{-1}$ моль·л⁻¹. Исследования показали, что изученные соединения тормозят инициированное окисление кумола, реагируя с кумилпероксидными радикалами. По величине периода индукции был рассчитан стехиометрический коэффициент ингибирования f , равный числу цепей окисления, обрывающихся на одной молекуле антиоксиданта и продуктах его превращения:

$$f = \tau \cdot W_1 / [\text{InH}]_0,$$

где W_1 – скорость инициирования (в изученных условиях равна $2 \cdot 10^{-7}$ моль л⁻¹·с⁻¹) [9];

Таблица 1

Физико-химические и функциональные свойства присадок							
Присадки	Щелочное число, мгКОН/г	Сульфатная зольность, %	Масло М-8 + 5 % присадки				
			Вымываемость, % (10 % присадки в масле)	Коррозионность на свинцовых пластинках, г/м ²	Индукционный период осадкообразования (ИПО 30 ч осадок, %)	Противоизносные свойства, средний диаметр износа, мм	Моющие свойства, баллы
АКІ-144	70,4	7,02	25	9,2	0,75	0,45	0,5–1
АКІ-144	72,4	7,1	26	9,4	0,76	0,43	0,5
АКІ-144d	75,2	7,4	15	4,9	0,47	0,42	0,5
АКІ-144d	74,9	7,3	16	4,5	0,45	0,40	0,5
ЦИАТИМ-339	42	10,3	32	30,4	3,5	–	0,5–1
ИХП-101	64,4	12,0	53,6	15	2,2	–	0,5–1

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МАСЛО ДЛЯ НАЗЕМНОЙ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ АРМИИ США

Ключевые слова: моторно-трансмиссионно-гидравлическое масло, наземная военная техника, министерство обороны Соединенных Штатов Америки, исследования, The Single Common Powertrain Lubricant program.

Сообщаются результаты перспективных исследований министерства обороны США в области создания всеклиматического (работающего в условиях средней полосы, Арктики и пустыни) моторно-трансмиссионно-гидравлического масла для наземной военной техники.

УДК: 621.89+006+94 (73)

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-62-63

Проводимое быстрыми темпами реформирование ВС РФ направлено прежде всего на создание хорошо вооруженных компактных группировок, обладающих высокой мобильностью, что обуславливает необходимость замены устаревшей военной автомобильной техники (ВАТ), причем долю новейших образцов планировалось довести до 50 % уже в текущем году [1].

В войска поступает ВАТ с современными теплонапряженными дизельными двигателями производства ПАО ЯМЗ [2], ПАО «КАМАЗ» [3], ПАО «ТМЗ» [4], высокой литровой (до 60–80 л.с./л) мощности, в конструкциях которых учтены все современные достижения мирового двигателестроения. В таких двигателях наблюдается повышение температуры масла в локальных трибосопряжениях, особенно в районе верхнего поршневого кольца и подшипниках вала турбин, рабочей температуры в системе смазки в целом, уменьшение диаметра масляных каналов, использование моторного масла в качестве рабочей жидкости в системе регулирования фаз газораспределения (variable valve timing – VVT), механизма временного отключения цилиндров (cylinder deactivation) и других.

Для обеспечения технологической независимости РФ в области транспортных баз особо значимых комплексов военной и специальной техники проводятся исследования по разработке унифицированного семейства высококомобильных модульных платформ нового поколения для монтажа и транспортирования перспективного вооружения и военной техники массой до 80 тонн. Предусмотрено принятие на вооружение семейства гусеничных машин транспортно-тягового класса на единой с бронетанковой унифицированной средней гусеничной платформе и бронированного

двухзвенного транспортера легкого класса для Заполярья и Арктики, семейства высококомобильных модульных платформ на основе новых технических решений, где предусмотрены гибридные силовые установки, электротрансмиссии и другие технические решения [1].

Один из основных путей совершенствования транспортных баз ВАТ и БТВТ, в том числе большой грузоподъемности, – создание и широкое применение перспективного типоразмерного ряда автоматических трансмиссий [5]. Поэтому на данном этапе важнейшей задачей является разработка отечественных высококачественных масел, обладающих повышенными эксплуатационными характеристиками и увеличенными межсервисными интервалами их замены. Такие масла должны обеспечивать безотказную работу двигателей и агрегатов трансмиссий в условиях экстремально низких и высоких температур окружающей среды.

В связи с этим актуален анализ аналогичных разработок в области смазочных масел для военной техники армии США.

В конце 2000-х годов «Центр исследований, развития наземной техники и инженерных решений» Tank Automotive Research Development and Engineering Center министерства сухопутных войск США (центр TARDEC) выступил инициатором изучения проблемы разработки смазочного масла, которое могло бы применяться в боевых и транспортных машинах по одной спецификации. Предлагалось применять смазочное масло только одного класса вязкости, которое было бы способно работать как в арктических условиях, так и в условиях пустыни в поршневых двигателях, автоматических коробках передач, зубчатых передачах (кроме гипоидных) и некоторых гидравлических устройствах.

Очевидные выгоды такого подхода: упрощение процедур логистики, значительное снижение риска ошибок при применении единого масла в технике, уменьшение стоимости ее эксплуатации в течение всего ресурса.

Для реализации этой идеи центром TARDEC в «Институте исследований горюче-смазочных материалов сухопутных войск США» – The U.S. Army TARDEC Fuels and Lubricants Research Facility (TFLRF) с участием Юго-Западного исследовательского института – Southwest Research Institute (SwRI), Сан-Антонио, штат Техас [6], была создана «Рабочая Группа по технологии топлив и масел», которая предложила «Программу разработки единого для всей военной техники моторно-трансмиссионно-гидравлического масла» The Single Common Powertrain Lubricant program (SCPL), цель которой – создание выдающегося по своим эксплуатационным характеристикам внеклиматического – с возможностью применения и в Арктике, и в пустыне – энергосберегающего, многофункционального масла с расширенным межсервисным интервалом замены. Как ожидают [7], такое масло по качеству значительно превзойдет современные моторные и трансмиссионные масла с перспективой применения его в двигателях и трансмиссиях будущего.

Проведенные ранее предварительные исследования показали техническую и экономическую возможность реализации концепции создания маловязкого МАСЛА SCPL [8].

Компонентный состав опытных образцов моторных масел не раскрывается. Сравнение результатов испытаний опытных образцов проводили с результатами испытаний контрольных масел, произведенных по двум военным стандартам:

- MIL-PRF-2104H «Технические требования. Моторное масло для двигателей внутреннего сгорания боевых и транспортных машин» для масел, эксплуатирующихся в средней климатической зоне [9];
- MIL-PRF-46167D «Технические требования. Моторное масло для двигателей внутреннего сгорания, эксплуатирующихся в условиях Арктики» [10].

Здесь важно обратить внимание на то, что пункт п. 6.1 военного стандарта MIL-PRF-2104H уточняет область его применения: «смазочные масла, рассматриваемые данным стандартом, предназначены для смазки поршневых двигателей с воспламенением от сжатия, работы в автоматических коробках передач, гидравлических системах и негипоидных зубчатых передачах инженерно-строительной техники, погрузочно-разгрузочного оборудования и всех типов боевых и транспортных машин».

Стандарт MIL-PRF-2104H устанавливает ограничительные нормы для физико-химических показателей моторных масел трех классов вязкости SAE 40, 15W-40 и 5W-40 (табл. 1).

Моторные испытания представлены методами Caterpillar 1K (с алюминиевым и стальным

Таблица 1

Предельные значения показателей основных физико-химических свойств моторных масел согласно стандарту MIL-PRF-2104H				
№ п/п	Показатели качества	SAE 40	SAE 15W-40	SAE 5W-40
1	Кинематическая вязкость при 100° С, мм ² /с, в пределах	12,5–16,3	12,5–16,3	12,5–16,3
2	Динамическая вязкость, определяемая вискозиметром CCS, МПа·с: не менее не более	–	7000@–25° С 7000@–20° С	6200@–35° С 6600@–30° С
3	Динамическая вязкость при 150° С и скорости сдвига 10 ⁶ с ⁻¹ , МПа·с, не менее	–	3,7	3,7
4	Динамическая вязкость, определяемая вискозиметром MRV, МПа·с, не более	–	60 000@–25° С	60 000@–35° С
5	Температура застывания, °С, не выше	–15	–25	–40
6	Температура вспышки, °С, не ниже	225	215	210
7	Испаряемость, %, не более	–	15	15
8	Зольность сульфатная, %, не более	1,5		
9	Коррозионность ASTM D6594			
	ASTM D130: содержание меди, мг/кг, не более	20		
	содержание свинца, мг/кг, не более	120		
	содержание олова, мг/кг, не более	50		
10	коррозия медной пластинки, балл, не более	3		
	Склонность к пенообразованию ASTM D892, мл, не более:			
	при 24° С	10		
при 94° С	20			
при 24° С (после испытания при 94° С)	10			

ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГРАФЕНОМ

Ключевые слова: пластичная смазка, графен.

Получены реологические и трибологические характеристики литиевой смазки с добавкой графена. Установлено, что графен следует вводить в смазку в начале ее приготовления до образования структуры.

УДК 665.765

DOI 10.32758/2071-5951-2020-0-6-62-63

После открытия графена начались интенсивные исследования возможностей его применения в различных областях техники. Этому способствовали его исключительные характеристики: механическая прочность, термоокислительная стабильность, высокая теплопроводность, отличные трибологические характеристики. Установлено также, что графен и другие ультрадисперсные алмазографитовые добавки способны формировать износостойкие поверхностные моно- и полиатомные слои, снижающие коэффициент трения и предотвращающие износ деталей машин [1]. Высказывалось мнение, что в области горючесмазочных материалов графен может быть перспективной многофункциональной добавкой [2].

Авторами были исследованы реологические и трибологические характеристики модельных пластичных смазок, в состав которых вводили масляный концентрат графена (10 %), полученный по специальной технологии послойного истирания графита между подвижной и неподвижной плоскостями. Такая технология позволила получить нанопластины графена толщиной в несколько атомных слоев и обеспечить их равномерное распределение в объеме масла [3]. Модельные системы представляли собой пластичные смазки,

загущенные литиевыми мылами стеариновой и 12-оксистеариновой кислот в соотношении 2:1 в низкозастывающем полиальфаолефиновом масле ПАОМ-4.

Введение наноразмерных добавок в пластичные смазки представляет значительную технологическую сложность, что связано с характерной трехмерной структурой дисперсной фазы и склонностью наноразмерных частиц к агрегированию. Поэтому нанодобавку графена в смазки вводили двумя способами (табл. 1):

- по общепринятой технологии изготовления литиевых смазок, предполагающей введение противоизносных и противозадирных присадок на этапе охлаждения и механической обработки — № 1;
- в начале процесса варки до формирования пространственной структуры мыльного каркаса пластичной смазки — № 2.

Исследование реологических свойств опытных образцов смазки показали, что введение пасты графена в количестве от 0,5 до 1,5 % по общепринятой технологии № 1 понижает предел прочности и приводит к увеличению количества выделенного масла под нагрузкой в 2 раза по сравнению с исходным образцом. Можно предположить, что

Таблица 1

Влияние способа введения графена на реологические свойства модельных смазок и процент его содержания							
Показатель	Смазка без добавки	Смазка с добавкой графеновой пасты, %масс.					
		По технологии № 1			По технологии № 2		
		0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
Вязкость эффективная, Па·с при минус 50 °С	794	669	549	457	912	920	940
Предел прочности при сдвиге при 50 °С, Па	290	230	180	175	330	510	550
Коллоидная стабильность, %	11,4	15,7	19,2	21,7	12,1	11,9	12,1

Таблица 2

Трибологические свойства образцов смазок в зависимости от содержания в них графена				
Показатели	Содержание графена, %масс.			
	0,0 %	0,5 %	1,0 %	1,5 %
Дисперсионная среда ПАОМ-4				
Критическая нагрузка до заедания, Н	519	588	617	617
Индекс задира, Н	241	278	287	312
Нагрузка сваривания, Н	1300	1470	1568	1646

после образования структурного трехмерного каркаса дисперсной фазы — литиевых мыл — наночастицы графена остаются свободно мигрирующими в дисперсионной среде и, по-видимому, объединяются в крупные агрегаты. Такое поведение опытных образцов приводит к снижению комплекса реологических свойств и термомеханической стабильности.

При введении графена в реакционную массу по технологии № 2 структурообразование происходит иначе. По-видимому, образуется бинарная дисперсная фаза (мыло—графен), связанная между собой адсорбционными силами. При этом наблюдается увеличение предела прочности, значения эффективной вязкости.

В модельных образцах пластичных смазок, изготовленных по технологии № 2, были исследованы трибологические свойства. Трибохарактеристики определяли на четырехшариковой машине трения по ГОСТ 9490–75 (табл. 2).

В результате испытаний установлено, что образцы смазок с графеном на основе ПАОМ-4 проявляют хорошие противоизносные и противозадирные свойства, критическая нагрузка до заедания и нагрузка сваривания растут по мере увеличения концентрации графена. Предполагаем, что нанопластины графена высаживаются на трущиеся поверхности, расправляются на них под действием сдвиговых усилий и образуют защитные сервоитные пленки.

Таким образом, в определенных условиях нанодобавка графен, введенная в начале процесса варки, улучшает трибологические свойства смазок. Однако высокая стоимость графена препятствует его широкому массовому применению в смазках. Но в отдельных случаях, при изготовлении специализированных смазок, применение графена может представлять интерес. Например, в приборных смазках, от которых, кроме собственно смазывающего действия, требуются отличные антифрикционные свойства и высокая теплопроводность, характерные для графена.

Список литературы

1. Витязь П. А., Жорник В. И., Кукареко В. А., Камко А. И. Формирование износостойких поверхностных структур и механизм фрикционного разрушения при трении в среде смазочного материала, модифицированного ультрадисперсными алмазографитовыми добавками. Ч. 2. Модель разрушения // Трение и износ. (2), 2006. С. 196–200.
2. Першин В., Овчинников К., Алсило З., Столяров В., Меметов Н. Создание пластичны смазок, модифицированных графеном // 2018. Neftegas.ru.
3. Аль-Саади Дар Али Юсиф. Совершенствование технологии и устройства для модифицирования пластичных смазок графенами. Дис. ... канд. техн. наук. Тамбов: Тамбовский ГТУ, 2017. 187 с.

Krizhevskaya E. T., Sentyurikhina M. I., Bartko R. V., Danilov A. M.

(All-Russia Research Institute of Oil Refining, Moscow)

Graphene modified greases

Keywords: lubricatinggrease, grafen

Abstract

Reological and tribological characteristics of lithium lubricating grease with graphene have been obtained. It has been established that graphene should be injected into the lubricant at the beginning of its preparation before the structure is formed.

Referenses

1. Vityaz P. A., Zhornik V. I., Kukareko V. A., Kamko A. I. The formation of wear-resistant surface structures and the mechanism of friction in friction in the environment of lubricants modified by ultra-dispersed diamond-processing additives. C. 2. Destruction Model // Trenieiznos (2). 2006. Pp. 196–200.
2. Pershin V., Ovchinnikov K., Alsilo Z., Stolyarov V., Memetov N. Creating lubricating grease modified by graphene // Neftegas.ru. May 2018.
3. Al-Saadi Dar Ali Yusif. Improving technology and devices to modify lubricating grease with graphene. Dis. ... Cand. Tech. nauk. Tambovsky Un-t. 2017.



Основные процессы нефтехимии. Справочник
Р. Мейерс
2015 г., 700 с.
Цена: 3 800 р.



Выявление и устранение проблем перегонки в нефтепереработке и нефтехимии
Кистер Г.
2019 г., 784 с.
Цена: 3 700 р.



Поверхностно-активные вещества в нефтегазовой отрасли. Состав, свойства, применение
Лорье Л. Шрамм
2018 г., 592 с.
Цена: 3 500 р.



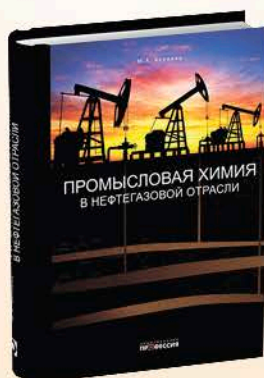
Выявление и устранение проблем в нефтепереработке
Либерман Н.
2014 г., 600 с.
Цена: 3 700 р.



Каталитический крекинг в псевдооживленном слое катализатора. Справочник по конструкциям, процессам и оптимизации установок ККФ
Задегбейджи Р.
2014 г., 384 с.
Цена: 3 600 р.



Реология нефти и нефтепродуктов: теория и практика. Учебник
А. Я. Малкин,
Р. З. Сафиева
2019 г., 178 с.
Цена: 1 200 р.



Промысловая химия в нефтегазовой отрасли
Келланд М. А.
2014 г., 592 с.
Цена: 3 700 р.



Нефтехимия и нефтепереработка. Процессы, технологии, интеграция
У. Чаудури
2014 г., 420 с.
Цена: 3 400 р.



Технологии и экономика нефтепереработки
Гэри Дж. Х.,
Хэндверк Г. Е.,
Кайзер М. Дж.
2012 г., 440 с.
Цена: 3 700 р.

ТЕМЫ НОМЕРОВ НА 2021 ГОД

Цифровизация и автоматизация в нефтепереработке и нефтехимии

Катализаторы и каталитические процессы

Инновационные решения в технологиях нефтепереработки

Аналитический контроль нефти и нефтепродуктов

Смазочные материалы и масла

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Журнал «Мир нефтепродуктов» по решению ВАК Минобрнауки России включён в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёных степеней кандидата и доктора наук».

Редакция журнала принимает к публикации материалы по тематикам:

- Химия и технология топлива и высокоэнергетических веществ
- Нефтехимия
- Экология и аналитический контроль

Материал для публикации может быть представлен в виде:

- краткого научного сообщения. Объем – 4–5 стр. машинописного текста (А4, кегль 11, междустрочный интервал – одинарный) // 3–4 журнальных полос // 0,35–0,5 усл. печ. л. Это срочное сообщение о важных предварительных результатах, которые являются весьма оригинальными и представляют большой интерес. Автор излагает и обобщает значительное научное достижение без подробной аргументации и детальных теоретических и логических рассуждений. Такое сообщение печатается вне очереди

и имеет статус полноценной публикации. На основании этого сообщения автор может позже представить в журнал оригинальную исследовательскую работу в виде более развернутой статьи;

- научной статьи. Объем – 6–8 стр. машинописного текста (А4, кегль 11, междустрочный интервал – одинарный) // 5–6 журнальных полос // 0,5–0,7 усл. печ. л. Статья должна содержать новые результаты теоретического, аналитического, практического или экспериментального исследования;

- обзорной научной статьи. Объем – 12–16 стр. машинописного текста (А4, кегль 11, междустрочный интервал – одинарный) // 10–12 журнальных полос // 1,0–1,4 усл. печ. л.

Правила предоставления материалов для публикации и договор предоставлены на сайте neftemir.ru

Ждем встречи с Вами на отраслевых мероприятиях в 2021 году:

7-ая ежегодная конференция и технические визиты Даунстрим Россия 2021	2–4 марта	Краснодар https://oilandgasrefining.ru/
OP-EX RUSSIA & CIS Конференции по операционной эффективности в нефтегазохимической промышленности	17–19 марта	Сочи https://europetro.ru/event/351
Конгресс и выставка «Биомасса: топливо и энергия»	14–15 апреля	Москва www.bioplivo.com
9-я ежегодная конференция НЕФТЕХИМИЯ РОССИИ И СНГ	22–23 апреля	Москва https://globuc.com/ru/cispetrochemicals/
НЕФТЕГАЗ-2021 20-я юбилейная международная выставка «Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса»	26–29 апреля	Москва https://www.neftegaz-expo.ru/
Национальный нефтегазовый форум	26–29 апреля	Москва http://oilandgasforum.ru/
8-я ежегодная конференция «Базовые масла и смазочные материалы России и СНГ»	19–20 мая	Москва https://globuc.com/ru/cisbaseoilsandlubes/
Российский Нефтегазохимический Форум и XXVIII Международная выставка «Газ. Нефть. Технологии» 2020	25–28 мая	Уфа https://gntexpo.ru/
5-я Международная конференция «ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ МАСЛА И СОЖ»	25–26 мая	Москва https://rpl-conferences.com/
Mozyr Conference Развитие нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств Республики Беларусь – научно-техническая конференция и выставка	18–20 мая	Республика Беларусь, Мозырь https://europetro.ru/event/63/0
5-ый международный инвестиционный форум и выставка «Восточный нефтегазовый форум»	7–8 июля	Владивосток https://eastrussiaoilandgas.com/

Открыта подписка на 2021 год

Стоимость подписки в редакции:
полгода (3 номера): 7200 рублей
год (6 номеров): 14400 рублей

В стоимость подписки входит доставка Почтой России

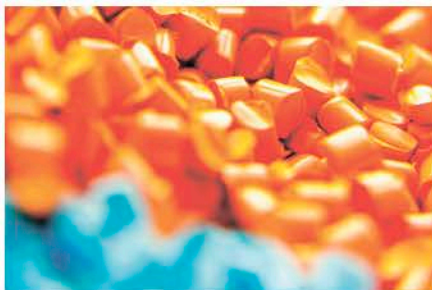
подписной индекс «Урал-Пресс»:
полгода (3 номера) — 013408
год (6 номеров) — 013393

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ КУРСЫ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

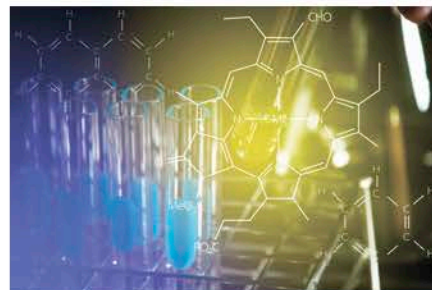
в очном и онлайн формате



Основы нефтехимического производства (два уровня: вводный и продвинутый курс)



Катализаторы в химии и нефтехимии (два уровня: вводный и продвинутый курс)



Процессы смешения в нефтепереработке



Выбор сырья для переработки на НПЗ



Индивидуальная обучающая программа по флюид-каталитическому крекингу



Автоматизация и цифровизация технологических установок

Все курсы могут быть проведены эксклюзивно для Вашей компании и адаптированы под требования и компетенции слушателей.

Особенности курсов

- Онлайн-сессии под руководством лектора
- Предварительно записанные видео лекции
- Практические примеры, основанные на опыте лекторов
- Работа с заданиями в группе
- Сессии вопросов и ответов
- Интерактивные дискуссии
- Электронные раздаточные материалы
- Сертификат о прохождении курса



Euro Petroleum Consultants

Контакты:
Euro Petroleum Cosultants
+7 495 517 7709
moscow@europetro.com
www.europetro.com